

Montpellier 1971

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Publication trimestrielle.

Vol. XII — N° 3. DECEMBRE 1970.

N. Planchais

P O L L E N et S P O R E S



EXTRAIT

PARIS
61, Rue de Buffon

—
1970

PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Knut FAEGRI, Bergen (Norvège)

Roger HEIM, Paris (France)

Tadao JIMBO, Tokyo (Japon)

William S. HOFFMEISTER, Sarasota (U.S.A.)

Ludmila A. KOUPRIANOVA, Léninegrad (U.R.S.S.)

Anna MAURIZIO, Berne (Suisse)

Sophia N. NAOUMOVA, Moscou (U.R.S.S.)

Robert POTONIE, Krefeld (Allemagne)

Paul B. SEARS, New Haven (U.S.A.)

Roger P. WODEHOUSE, South Burlington (U.S.A.)

E. M. van ZINDEREN-BAKKER, Bloemfontein (Afrique du Sud).

Directeur :

Madeleine VAN CAMPO,

LABORATOIRE DE PALYNOLOGIE

Centre National de la Recherche Scientifique,
Faculté des Sciences 34 - Montpellier (France).

Ecole Pratique des Hautes Etudes,
Muséum National d'Histoire Naturelle,
61, Rue de Buffon, Paris V^e (France).



TARDIGLACIAIRE ET POSTGLACIAIRE A MUR-DE-SOLOGNE (LOIR-ET-CHER) (1)

PAR

Nadine PLANCHAIS.

(Laboratoire de Palynologie C.N.R.S., Faculté des Sciences,
Montpellier).

SOMMAIRE. — L'analyse pollinique a permis de caractériser le Tardiglaciaire de Sologne, à la fois classique dans son ensemble et original par l'étude détaillée du genre *Pinus*. L'histoire postglaciaire de *Quercus* est considérée d'un point de vue écologique.

I — Situation, généralités.

Bassin moyen de la Loire ; tourbière drainée par la Croisne, affluent de la Sauldre. Coordonnées : Long. W. : 0°46', Lat. N. : 47°24'. Altitude : 102 m.

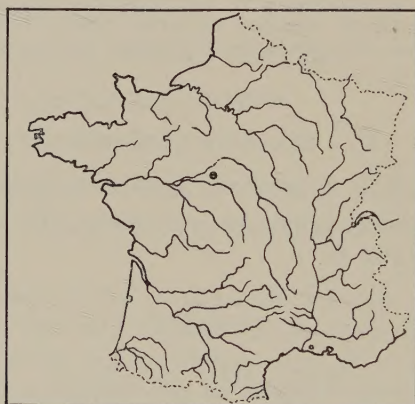
En Sologne, les zones marécageuses entourant les étangs artificiels sont innombrables et les landes humides à Sphaignes fréquentes (ALLORGE et GAUME, SEGRET) ; par contre, les formations tourbeuses, en général exiguës et peu épaisses, n'existent que de façon très disséminée. A notre connaissance, la tourbière de Rouzerelles à Mur-de-Sologne est le seul exemple de tourbière véritablement profonde et étendue (20 ha). Il semble que des sources froides locales, ajoutant leur débit à celui de la Croisne, ont favorisé la croissance exceptionnelle d'une tourbière topogène.

Les sables de Sologne (Burdigalien) constituent le substratum des formations organiques étudiées ici et s'étendent également très largement tout autour de la tourbière (fig. 6) ; leur nature particulière conditionne ainsi presque tout l'environnement immédiat. Les limites des contacts géologiques les plus proches se trouvent vers l'Ouest ; il s'agit des faluns du Blésois (Vindobonien) dont l'avancée

(1) Ce texte constitue l'article principal d'une thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Montpellier (1971). N° d'inscription au Centre National de la Recherche Scientifique Ao. 4906.

cée extrême se situe à Soings-en-Sologne, à 5 km au NW. du point de sondage, et de petits affleurements de calcaire de Beauce (Aquitarien), en particulier celui des lieux-dits : La Bruyère et Le Petit Orme, à 1 km de Rouzerelles.

Les données climatiques sont fournies par la station météorologique de Romorantin située à 13 km à l'E.S.E. de Mur (Godron et collab.) : température moyenne annuelle : 11°4, janvier : 3°9, juillet : 19°7. Pluviosité moyenne annuelle : 600 mm. Cette quantité moyenne masque le caractère irrégulier des précipitations qui varient du simple au double suivant les années. D'après les auteurs cités ci-dessus « les années à pluviosité à maximum automnal ou estival et à minimum printanier ou hivernal sont les plus fréquentes ; le régime pluviométrique de la Sologne est donc souvent proche de celui des régions continentales de la France ».



• MUR de Sologne

Fig. 1

En quelques décades, l'aspect de la tourbière a beaucoup varié ; sa surface a été occupée par un étang puis par une roselière et finalement a fait l'objet d'essais d'aménagement ; l'extraction de la tourbe, des cultures diverses et des travaux d'irrigation ont été pratiqués. Au point de vue botanique, la superficie de la tourbière peut être divisée en plusieurs zones ; à l'ouest, se trouve une prairie mésophile, au nord, une *Molinia*ie passant progressivement au centre à une zone un peu boisée, à l'est, un complexe sphagnophile de régénération dans la zone d'extraction de la tourbe, au sud, enfin, près de l'exutoire, un facies boisé ripicole le long de la Croisne ainsi qu'une *Cladia*ie et une *Phragmita*ie. Les terrains du pourtour de la cuvette comportent de nombreuses zones cultivées et des lambeaux forestiers à Chêne pédonculé, à Pin laricio et maritime, à Châtaigniers ou à broussailles. De façon un peu plus précise, on a relevé

dans la zone centrale de la tourbière, au voisinage du lieu de sondage, les plantes suivantes : *Betula pubescens*, *Salix cinerea*, *Rhamnus Frangula*, *Rubus sp.*, *Calluna vulgaris*, *Erica tetralix*, *Molinia coerulea*, *Phragmites communis*, *Epilobium spicatum*, *Holcus lanatus*, *Potentilla tormentilla*, *Parnassia palustris*, *Polygala serpyllifolia*, *Lobelia urens*, *Pteridium aquilinum*. Au bord de la Croisne sont trouvées également de nombreuses Cypéracées : *Carex vesicaria*, *C. pseudo-cyperus*, *C. hirta*, *C. paludosa* (1). Dans l'ancienne zone d'extraction de la tourbe, l'érosion des couches de surface a conduit à l'élaboration d'un milieu paludéen particulier dans la tourbière et très intéressant pour l'étude de la flore : *Sphaignes*, *Drosera rotundifolia*, *D. intermedia*, *Juncus lamprocarpus*, *Juncus sp.*, *Scirpus fluitans*, *Eleocharis uniglumis*, *E. palustris*, *Eriophorum angustifolium*, *Erica tetralix*, *Carex Oederi*, *Carex* du groupe *Vulpina*, *C. riparia*, *Rhynchospora alba*, *Salix cinerea*.

II — Prélèvement des échantillons et préparations.

En général, la couche de tourbe n'offre qu'une épaisseur médiocre sauf au centre de la tourbière ; dans cette zone seulement, elle y repose sur des argiles vertes ; nous avons choisi cet endroit pour y effectuer le sondage et faire l'échantillonnage. La stratigraphie se présente ainsi :

0-285 cm — Tourbe très fibreuse peu décomposée.

285-300 cm — Vase noire ; cette couche est extrêmement bien marquée dans la stratigraphie.

300-380 cm — Tourbe peu décomposée et argileuse.

380-450 cm — Argiles vertes compactes ; à partir de 450 cm, sable impénétrable à la sonde HILLER.

Les tourbes de surface ont été préparées par la méthode à la potasse et au « Luber » (acide nitrique dilué à 50 % avec quelques

(1) Etude sommaire de la flore faite en 1966.

Nous remercions très sincèrement toutes les personnes suivantes : Monsieur P. HOREMANS, Maître-Assistant à l'Institut Agronomique de Paris, a effectué la plus grande partie des relevés botaniques, abrégés ici ; nous lui devons également de nombreux renseignements concernant l'étude de l'environnement de la tourbière ainsi que le travail pédologique fait à Dhuizon. Monsieur P. JOVET, alors Directeur du Centre de Floristique au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris a bien voulu déterminer certains *Carex*. Madame G. DELIBRIAS s'est chargée des datations au C 14. Son aide a été particulièrement précieuse puisque ses premières datations ont montré le caractère ancien de la tourbière et nous ont incités à poursuivre les recherches. Monsieur BOURDILLON et sa famille, propriétaires de la tourbière, nous ont réservé un excellent accueil ; amateurs éclairés des questions scientifiques leur expérience de la région nous a fait gagner beaucoup de temps pour le travail de reconnaissance.

gouttes de ClH). Les sédiments argileux profonds ont été passés à l'acide fluorhydrique concentré (60 % environ), à froid, pendant 8 jours ; il a été nécessaire de répéter l'opération, 2 fois de suite ; les pollens de ces niveaux présentent peu de traces de corrosion contrairement aux pollens des tourbes susjacentes.

III — Profil pollinique (dpl.).

Les sédiments presque purement minéraux du fond de la tourbière contiennent un ensemble de pollens tout à fait caractéristique de la période tardiglaciaire. Les sédiments organiques paraissent s'être accumulés pendant la fin du Tardiglaciaire et pendant la majeure partie de l'Holocène.

A — TARDIGLACIAIRE. (fig. 2).

1) *La sédimentation.*

Les spectres polliniques offrent peu de variété quant aux pollens d'arbres : Bouleau, Saule, Pin, Genévrier et, au contraire, une grande diversité des pollens des plantes herbacées ou buissonnantes : *Artemisia*, *Helianthemum*, *Sanguisorba minor*, *Thalictrum*, *Hippophaë rhamnoides*, *Ephedra distachya*, Campanulaceae, *Plantago major*, *P. media*, Chenopodiaceae, *Rumex*, Ericaceae, etc... La totalité de ces pollens est significative d'un paysage déboisé où prospèrent les plantes héliophiles très souvent citées lors de l'étude du Tardiglaciaire en Europe Nord-occidentale. La courbe de variations du taux de boisement ou rapport A.P./T. présente un maximum évalué à 35 % entre deux minimums de 15 % environ. Elle évoque la succession classique : Toundra, Toundra - parc, Toundra et incite à diviser le Tardiglaciaire en trois périodes mais elle ne coïncide pas avec la séquence de sédimentation qui n'a que deux faciès ; en effet de 380 cm à 450 cm on trouve une formation d'argile verte compacte non sableuse qui s'est accumulée en eau libre et, au-dessus de l'argile, on rencontre une formation de tourbe non décomposée.

Considérons d'abord cette différence de sédimentation. Le contact argile-tourbe est à mettre en relation avec une décroissance des pourcentages du Pin, de l'Hélianthème, des Renonculacées et, de façon moins notable, avec une diminution des Rosacées, Composées et *Rumex* ; il correspond, d'autre part, au début de l'accroissement des Fougères. Le changement de la représentation pollinique peut être le résultat de la mise en jeu de plusieurs facteurs d'influence. Le simple fait de la chute des pollens à la surface de l'eau libre suffit, par exemple, à expliquer une concentration probablement un

peu plus forte du pollen de Pin par rassemblement des corpuscules flottants ; d'autre part, la modification du milieu franchement aquatique évoluant en un milieu marécageux, amène un changement profond dans la représentation des pollens des plantes locales car la végétation semi-aquatique produit une grande masse pollinique qui « dilue » les pollens des plantes herbacées de bordure d'étang et crée un effet de rideau qui doit modifier la dissémination des pollens. La nature des dépôts et leur contenu pollinique montrent l'évolution probable de la cuvette, de la façon suivante : en premier lieu, on peut envisager une étendue d'eau libre où se déposent des argiles ; leur couleur et leur compaction varient selon l'endroit

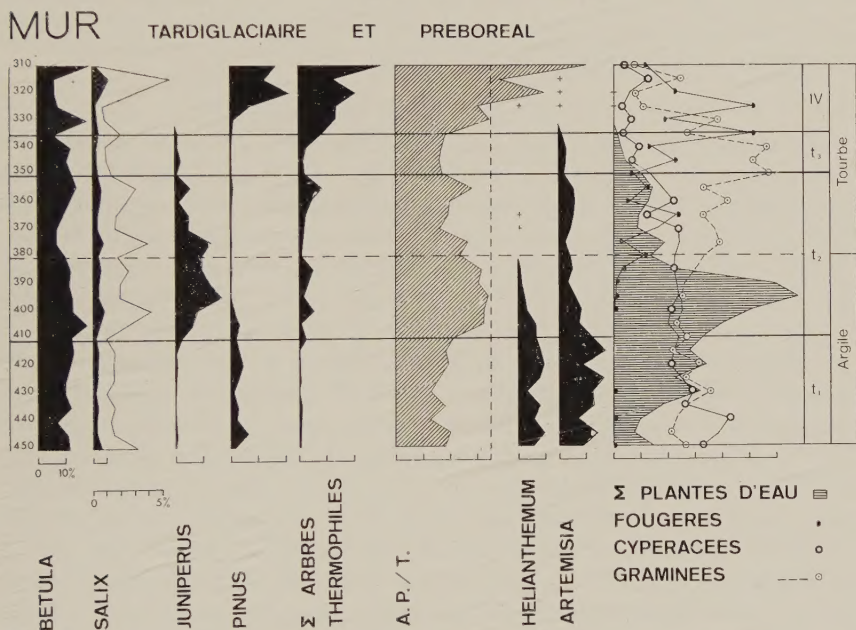


Fig. 2

du sondage : au centre de la cuvette, elles sont vertes et compactes ; plus vers le bord, elles ont une couleur gris-jaune et sont mélangées de sable tout en contenant la même flore pollinique tardiglaciaire. La végétation aquatique est flottante et se compose de Potamots, de Myriophylles et d'algues (*Pediastrum*). La tourbification se développe ensuite ; les associations aquatiques deviennent plus caractéristiques des eaux stagnantes mésotrophes : *Myriophyllum spicatum*, *Sparganium*, *Potamogeton*, *Typha latifolia*. Puis, on peut penser que la Phragmitaie s'installe ; elle est probablement responsable d'une partie de l'accroissement du pollen des Graminées ; toutefois, la présence indubitable de la Phragmitaie n'est pas tota-

lement prouvée ; en effet, les nombreux rhizomes de *Phragmites* rencontrés actuellement dans ces niveaux tourbeux ne sont pas obligatoirement contemporains du dépôt. La végétation à caractère vraiment acidiphile : Sphaignes, Ericaceae, est demeurée sporadique ; elle n'a sans doute pas trouvé de milieu favorable à son implantation ; nous sommes ainsi amenés à penser que la Moliniaie n'était pas encore développée sur la tourbière (plan d'eau trop élevé) et à supposer l'existence de la Phragmitaie. Les spores monolètes de Fougères que l'on rencontre en même temps sont dépourvues de périspore et, de ce fait, non déterminables même au niveau du genre ; il s'agit probablement d'espèces vivant dans la roselière ou près d'elle comme *Thelypteris palustris*. A la fin du Tardiglaciaire, des dépressions dans la tourbière ont subsisté et ont hébergé des plantes d'eau telles que *Nymphaea alba*.

2) La représentation de la végétation terrestre.

En dehors de l'évolution naturelle du marais, il faut considérer l'évolution de la végétation terrestre. Il est notable que les courbes du Bouleau, du Saule, du Genévrier, des arbres thermophiles, Noisetier, Aune, Chêne, et de l'Armoise ne présentent pas, sur le diagramme (fig. 2), de variations manifestes au niveau du changement de sédimentation. Remarquons tout de suite que les pollens des espèces citées ci-dessus, sauf le Saule, se dispersent bien et qu'ainsi la variation des conditions de sédimentation a une influence négligeable ; cependant, le Bouleau, le Saule et l'Aune peuvent faire partie des groupements turficoles ; de ce point de vue, ils ne paraissent pas jouer un bien grand rôle dans la végétation marécageuse de Mur au Tardiglaciaire car on ne distingue pas de pics de surreprésentation caractéristiques dans le tracé des courbes, ni d'accroissements liés à un stade évolué de la tourbière. Ainsi, les arbres, arbustes ou arbrisseaux présentent, en dépit d'une certaine constance, une répartition locale ou régionale peu importante ; leurs pourcentages polliniques varient, toutefois, de façon synchrone, puisqu'entre 350 et 410 cm., l'augmentation de la somme des A. P. affecte en particulier chacun d'eux, le Genévrier, fortement, le Saule, les arbres à feuilles caduques et le Bouleau, faiblement. Cet accroissement est en relation avec la disparition progressive de l'Hélianthème et de l'Armoise ; il coïncide de plus sur le diagramme, avec le maximum de la somme des plantes d'eau.

L'amélioration climatique semble donc mise en évidence par trois éléments concordants : poussée du Genévrier-pionnier de la colonisation arbustive, léger développement des arbres thermophiles, enfin, épanouissement des plantes aquatiques ; ces trois éléments correspondent probablement à l'évolution parallèle de trois

biotopes différents ; les pollens de plantes aquatiques sont les indicateurs du milieu local, ceux du Genévrier, du milieu environnant et ceux des arbres à feuilles caduques d'un milieu plus lointain. L'évolution des associations aquatiques et semi-aquatiques locales a été décrite précédemment ; à celle-ci, nous pouvons ajouter une modification de la zone de bordure de l'étang au Tardiglaciaire : au-dessous de 410 cm, la somme des pollens de Bouleau comprend 10 % environ du type *Betula nana* ; en relation avec la flore froide à Bouleaux nains, il faut mentionner la présence à 450 cm d'une spore de *Cryptogramma crispa*, fougère des montagnes siliceuses et humides. Le type « *Betula nana* » disparaît dans les niveaux supérieurs à quatre mètres dix ; tous les pollens de Bouleau appartiennent alors au type « *B. pubescens-verrucosa* ».

Pour préciser l'analyse pollinique, nous avons tenté plusieurs déterminations spécifiques en plaçant en même temps les lames de références et les lames contenant les fossiles au pont de comparaison de deux microscopes Leitz, type Laborlux. Voici les résultats pour les espèces les plus représentées : *Helianthemum canum*, *Artemisia campestris*, *Ranunculus acer*. En ce qui concerne la présence d'*A. campestris* et surtout celle d'*H. canum*, on peut considérer que la région n'était pas sans recevoir des particules limoneuses transportées à partir de la bordure calcaire relativement proche à l'Ouest (Faluns) ; des conditions favorables au développement des espèces citées étaient ainsi réalisées. *H. canum* est présent actuellement sur certains coteaux calcaires du Bassin Parisien mais absent de la Sologne ; aucune espèce d'Hélianthème poussant actuellement en Sologne (*H. alyssoides*, *H. guttatum*, *H. umbellatum*), n'a été rencontrée au Tardiglaciaire. Ont été encore déterminés les pollens de *Salix* cf. *Arbuscula* et *Heracleum spondylium*.

La courbe particulière du Pin au Tardiglaciaire nous a longtemps posé un problème d'interprétation. La distinction spécifique des pollens éclaire la question (1) ; dans le début du Tardiglaciaire (T1) se trouvent les pollens de *Pinus montana*, *Pinus* type *Laricio* et de nombreux grains de pollen présentant des caractères d'hybridation : ballonnets mal formés ou réduits ou dissymétriques avec

(1) La distinction des pollens de Pin a été faite au laboratoire de Montpellier grâce à l'aide compétente de J. SIVAK se basant sur l'étude de la structure alvéolaire des ballonnets. Les contaminations par des pollens de Pins actuels sont exclues ; en effet, le sondage a été fait au mois de novembre, le plus soigneusement possible et la couche de surface riche en pollens de Pin (voir spectre actuel) a été enlevée avant d'effectuer les prélèvements ; du reste, il y a actuellement beaucoup de pins maritimes dont on n'a jamais retrouvé le pollen en profondeur. Par contre, deux grains de *Pinus Peuce*, très corrodés, ont été vus ; ils proviennent très certainement de la matrice tertiaire ; il n'y a pas possibilité de confusion avec les pollens du Tardiglaciaire qui sont en très bon état.

attaches anormalement réparties, anomalies du corps du grain. Sur 20 grains examinés, on dénombre : *P. montana* : 5, *P. type Laricio* : 3, grains anormaux : 10, pins indéterminés : 2. Au Préboréal et au Boréal les pollens de Pin sont entièrement semblables à ceux de *Pinus silvestris*. L'explication la plus vraisemblable peut se formuler ainsi, en tenant compte des considérations sur les pollens des hybrides d'Abiétacées (M. VAN CAMPO). Au début du Tardiglaciaire subsistaient en Sologne quelques individus isolés d'un Pin hybride issu du croisement du Pin de montagne et du Pin Laricio (au sens large). L'amélioration climatique a été fatale à cette espèce hybride dont le pouvoir de reproduction était sans doute affaibli. On peut émettre l'idée que le développement du Pin sylvestre se serait accompli, en Sologne, seulement à partir du Préboréal, mais il faut reconnaître que le petit nombre de pollens de Pin déterminés n'exclut pas totalement la possibilité d'un hybride différent : *P. silvestris* $\times$ *P. montana* par exemple.

L'hétérogénéité des pollens de Pin n'avait pas échappé aux premiers pollen-analystes français : G. et C. DUBOIS, G. LEMÉE. Si les critères de détermination de ces auteurs sont aujourd'hui abandonnés, il n'en demeure pas moins que G. LEMÉE avait déjà démontré en 1939 l'existence de deux espèces ou de deux races de Pin dans une tourbière du Perche (Le Coudray-Grande Trappe). Il semble donc que le problème existe dans un contexte beaucoup plus vaste que celui de notre étude et qu'il soit temps de l'envisager à nouveau.

3) *Le problème de Pinus silvestris.*

La phase pionnière à Genévrier, *seul*, paraît être tout à fait caractéristique de la région de Mur ; en effet, on ne relève pas de phase typique à *Juniperus* dans les neuf autres publications de diagrammes se rapportant au Tardiglaciaire des plaines de France ; une seule exception concerne le diagramme de la Bar (Ardennes) où le Genévrier coexiste avec le Pin. Les localités où le Tardiglaciaire a été rencontré sont très dispersées ; malgré ce fait, partout, en règle générale, le Pin s'établit d'emblée, seul ou avec le Bouleau. Il ne semble pas, par ailleurs, que les pollens de *Juniperus* aient pu échapper à l'examen des auteurs car les recherches concernant le Tardiglaciaire sont, toutes, récentes. En raison de la sporadicité du Pin à Mur, nous nous trouvons en présence d'un diagramme étonnant, plus semblable au diagramme récapitulatif du Jütland (IVERSEN) qu'aux autres diagrammes des plaines françaises. Dans le Jütland, l'arrivée tardive du Pin au Préboréal est expliquée par les longs délais de migration nécessaire pour atteindre une latitude nordique. Le phénomène ne peut être invoqué ici mais nous retien-

drons tout de même l'idée de retard dans l'apparition de la végétation et nous essaierons de trouver la cause de ce retard.

Discerner les causes de l'absence du Pin sylvestre à Mur, ne paraît pas aisé au premier abord ; en effet, la grande amplitude écologique du Pin sylvestre, sa préférence actuelle pour les sols acides, son pouvoir colonisateur sont autant de données qui justifieraient plutôt sa présence. Au point de vue température, les conditions rigoureuses n'ont pas limité l'extension du Pin dans des régions situées bien plus au Nord. On peut même penser qu'à une certaine époque, la température estivale aurait été assez clémente au Sud de la Loire pour que les arbres à feuilles caduques aient concurrencé déjà sérieusement le Pin et l'aient éliminé des refuges. On imagine de tels refuges dans la vallée du Cher à l'abri des coteaux très ensoleillés près de Montrichard, par exemple ; l'affleurement de craie turonienne qui a contribué à la formation des coteaux se trouve précisément sur la rive nord du Cher, à une vingtaine de kilomètres de la tourbière. Lors d'une amélioration climatique, les arbres à feuilles caduques se développeraient très localement mais ne trouveraient pas encore les conditions optimales pour sortir de leur refuge. Cette hypothèse permettrait de faire comprendre le léger accroissement des thermophiles au moment de la phase à *Juniperus*.

Si l'on fait appel à d'autres causes pour expliquer la disparition ou l'absence du Pin, il semble qu'on pourrait envisager l'action humaine ; l'effet de celle-ci a été suggéré par van der HAMMEN à propos du site archéologique d'Usselo où les horizons contenant des charbons de bois de Pin sont en rapport avec une séquence palynologique de l'Alleröd indiquant une chute du Pin et la présence d'*Epilobium angustifolium*. Cependant, on doit écarter cette hypothèse ici car le paléolithique est très peu représenté en Sologne.

Th. van der HAMMEN (1951) et IVERSEN (1954) ont souligné le fait suivant : une courbe importante de *Juniperus* indique la limite entre la Toundra-parc ouverte à caractère subarctique et la forêt tempérée dense ; si les délais de réchauffement climatique sont plus rapides que les délais de migrations végétales, la limite forestière peut être atteinte au point de vue climatique bien avant sa manifestation biologique. Th. van der HAMMEN explique ainsi l'arrivée tardive du Pin à l'Alleröd dans le Sud-Est de la Hollande, malgré des conditions climatiques supposées favorables, car *Pinus* doit franchir le Massif Ardennais ; la position méridionale de la station — par rapport au N. des Pays-Bas — est ensuite favorable au maintien du Pin pendant le Dryas récent.

VASARI, Y. et A. (1968) commentent la distribution de *Juniperus* dans les diagrammes polliniques de l'Europe du N ; le comporte-

ment du Genévrier, varié du point de vue temporel dans différentes aires, est attribué à des différences climatiques ; les auteurs rappellent la grande amplitude écologique de *Juniperus*, sa prédilection actuelle pour le climat maritime humide des côtes W. et S. W. de la Finlande, son expansion préférentielle dans la végétation ouverte, sa protection nécessaire par un couvert neigeux suffisant en climats rigoureux, sa maturité rapide et sa faculté de pousser sur un sol relativement instable. Ce dernier point est particulièrement important pour nous ; en effet, des dunes et voiles éoliens se sont formés en Sologne au Riss et au Würm. Un tel phénomène est conditionné par l'absence ou la rareté de la végétation ; il est possible qu'il se soit prolongé pendant une partie du Tardiglaciaire et qu'il ait entraîné un comportement spécial du peuplement végétal. La colonisation sylvestre fait suite, dans ce cas, à différents stades pionniers herbacés puis arbustifs — à *Juniperus* par exemple — et doit demander d'assez longs délais en comparaison de son implantation sur les sols stables et plus riches.

En confrontant les résultats obtenus lors des études des Tardiglaciaires des plaines de France, il semble qu'on puisse vérifier cette idée. Sur la figure 3, ont été reportés les pourcentages de boisements aux différentes époques du Tardiglaciaire et les pourcentages corrélatifs de *Pinus* ; on a rapproché les différentes stations appartenant à des zones périglaciaires comparables. En France, dans les régions de plaine, TRICART et CAILLEUX distinguent une zone de dépôts de loess au Nord-Ouest principalement, une zone de « désert de gélivation » au Centre et dans une grande partie du Bassin d'Aquitaine, enfin une zone méditerranéenne hors du domaine périglaciaire. Les colonnes de pourcentages correspondant à des stations situées assez près de la zone des loess sont groupées en A sur la figure, celles correspondant au « désert de gélivation » sont mises en C ; en B, sont placées les colonnes de la Bar (Ardenes), station qui a pu être influencée par les deux domaines A et C, et les colonnes du Moura (Pays Basque) dont la situation est encore plus complexe : influence probable du domaine pyrénéen, du domaine aquitain et du domaine des steppes froides arborées ibériques. A cette échelle très large de comparaison, le choix du pollen de *Pinus* comme indice de la colonisation forestière semble le plus judicieux ; en effet, le total des pollens de Pin, à un endroit, représente toujours un maximum puisqu'il est le résultat de la sommation des dépôts de pollens locaux, régionaux et lointains ; de plus, il est moins lié que le Bouleau aux biotopes humides ou acides et ne présente pas de formes naines. En admettant que les pollens de Pin ne sont pas liés totalement à des stades boisés en Pinèdes des tourbières, on tire de l'examen de la figure une démonstration nette

de la différence entre le comportement régional du Pin en A et en C. Comme le fait remarquer WEST (1964), les interactions sol - végétation - climat sont très étroitement liées et le fait se vérifie bien ici : les zones à dépôts de loess qui ont eu une végétation steppique

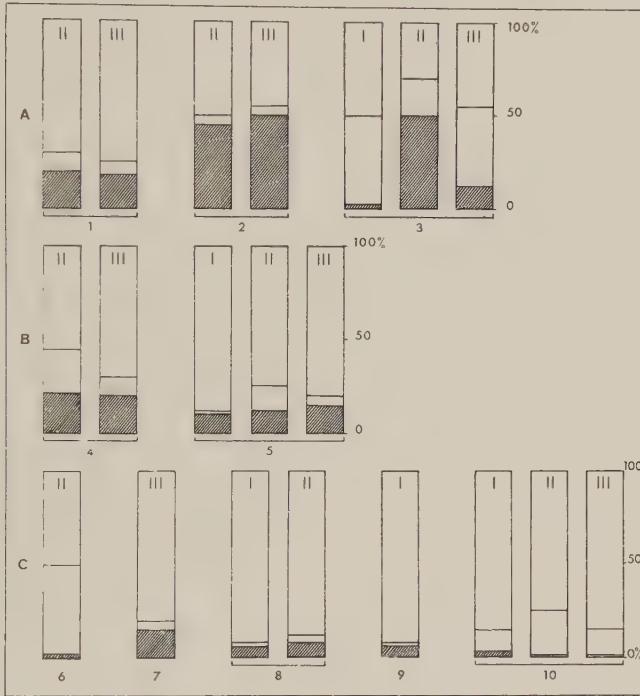


FIG. 3. — Pourcentages des pollens de Pin (en hachuré) et pourcentages des pollens d'arbres (trait supérieur) dans les diagrammes tardiglaciaires des plaines de France.

I : Dryas ancien.

II : Alleröd.

III : Dryas récent.

A : Région à dépôts de loess.

B : Situations intermédiaires (voir texte).

C : « Désert de gélivation », action éolienne, cryoturbation intense.

Localités :

1 — Asnelles-Belle-Plage (Calvados), ELHAI-LARSSONNEUR.

2 — Bellengreville (Calvados), ELHAI.

3 — Saint-Léger-en-Yvelines = (Yvelines), JALUT.

4 — La Bar (Ardennes), MULLENDERS.

5 — Le Moura (Pyrénées atlantiques), OLDFIELD.

6 — Saint-Michel-de-Brasparts (Finistère), VAN ZEIST.

7 — Prémery (Nièvre), PLANCHAIS.

8 — Grotte d'Arcy (Yonne), LEROI-GOURHAN.

9 — Poulligny-Saint-Pierre = Abri Fritsch (Indre), LEROI-GOURHAN.

10 — Mur-de-Sologne (Loir-et-Cher), PLANCHAIS.

retenant les particules sont celles qui sont le plus vite et le plus facilement colonisées par le Pin ; les zones à sols dénudés subissant l'action éolienne, présentent un retard de colonisation ; le phénomène est, à mon avis, très net dans cette région si particulière que constitue la Sologne.

On peut mettre en parallèle le retard de la colonisation forestière en Sologne, retard dû à des causes climatiques et édaphiques, et le même évènement, produit par les mêmes causes, décrit par L. GACHON, dans la plaine de Limagne, c'est-à-dire dans un milieu totalement différent ; le substratum de la Limagne est limoneux et le milieu géographique est équivalent au Bassin montagnard de la Loire. Dans le début du Préboréal, à Marmillat, à l'altitude de 324 mètres, le rapport A.P./T. est de 37 % avec 33 % de Pin, 3 % de Noisetier et moins de 1 % de Bouleau et de Chêne. La flore herbacée se compose de 55 % de Chénopodiacées et de 7 % de Graminées. Par la suite, au cours du Boréal (à la limite V/VI de l'auteur), les pourcentages du Noisetier atteignent 35 % et les autres arbres 22 % tandis que le taux des Chénopodiacées est encore de 35 %. L. GACHON conclut : « Nous pensons que la présence simultanée et abondante des pollens de la Chênaie et des espèces herbacées résulte de la variété des microclimats qui existent dans le « Pays des Buttes » au Sud de la grande Limagne et qui ont permis à la fois le développement précoce du Coudrier, du Chêne et de l'Orme à partir de zones refuges favorisées et le maintien tardif d'une végétation de nature steppique dans les sites davantage soumis au froid... En fait, les Chenopodiaceae sont surtout d'excellentes espèces pionnières, capables de grandes extensions sur des surfaces dénudées. Or, les limons limagnais ont constitué un milieu très favorable aux phénomènes de solifluxion ». Par ailleurs, il n'est pas inutile de rappeler la sécheresse du « Pays des buttes » (550 mm annuels) signalée par l'auteur au début de sa thèse. L'exemple de la Limagne montre donc un phénomène analogue à celui de la Sologne, avec un décalage temporel explicable par l'environnement montagneux et une manifestation biologique différente à cause de la nature de la roche mère.

4) Conclusions.

Reprenant notre hypothèse d'interprétation, nous résumons ainsi la palynologie du Tardiglaciaire de Mur ; les spectres polliniques sont composés d'un mélange de pollens provenant de trois milieux différents, à savoir : a) l'étang qui se transforme, au cours du temps, en tourbière et qui est bordé d'arbres, b) la région solognote caractérisée par ses sables et argiles à quelques kilomètres alentour, c) la vallée du Cher plus lointaine. Les différentes zones polliniques

expriment la résultante de l'évolution simultanée de la végétation dans chacun des trois milieux.

- | | | |
|-----|---|--|
| T 1 | { | a) Plantes aquatiques, semi-aquatiques - Bouleaux nains, bouleaux, saules. <i>Ranunculus acer</i> .
b) Stades pionniers : plantes herbacées psammophiles : Graminées, Caryophyllacées, Crucifères, Papilionacées, Rosacées, Composées, <i>Rumex acetosella</i> . <i>Helianthemum</i> . Buissons d' <i>Artemisia campestris</i> .
c) Pins et feuillus : Chêne, Noisetier, Aune, Orme. |
| T 2 | { | a) Epanouissement des plantes aquatiques ; plantes semi-aquatiques. Petite extension et modification de la bordure d'arbres ; espèces naines disparaissent.
b) Colonisation par <i>Juniperus</i> .
c) Disparition du Pin. Accroissement des feuillus. |
| T 3 | { | a) Diminution des plantes aquatiques. Développement des plantes semi-aquatiques. Peu de régression dans la bordure d'arbres.
b) Armoise et Graminées (Pelouses ? ou landes non figurées dans l'assemblage pollinique et masquées par la rose-lière ?).
c) Régression légère des feuillus. |

Il y a lieu de penser que T 1, T 2 et T 3 représentent la succession climatique suivante : phase froide - phase d'amélioration climatique - phase de refroidissement, et que ces phases sont les équivalents locaux du Dryas ancien, de l'Alleröd et du Dryas récent ; nous reviendrons sur les estimations approximatives d'âge lors de l'évaluation de la vitesse de croissance et d'accumulation de la tourbe.

En ce qui concerne les estimations climatiques, les informations sur la température sont fort variables puisque la végétation comporte à la fois des éléments indicateurs de microclimat froid (Bouleaux nains, *Cryptogramma crispa*) et des éléments thermophiles (feuillus). La température moyenne régionale ne peut non plus être déduite de la végétation régionale à cause du retard supposé de la colonisation. Cependant, la température moyenne devait être proche de celle du Bassin de Paris central, région pour laquelle G. JALUT a fourni un très bel exemple de Tardiglaciaire complet ; le diagramme de l'Archet (Fig. 3, n° 3), décrit par l'auteur, est situé en forêt de Rambouillet, elle-même implantée sur l'affleurement sableux stampien relativement étroit séparant les grandes platières calcaires fertiles de Beauce, de Brie et de l'Île de France. Dans le

diagramme de l'Archet, sont présentes les espèces arctico-alpines : *Betula nana*, *Selaginella selaginoides*, la dernière calciphile, et également les mêmes genres de feuillus qu'à Mur mais les variations du Bouleau et du Pin y sont très classiques.

L'estimation de la température, seule, est assez conjecturale ; néanmoins, si nous suivons les données des auteurs : FIRBAS, IVERSEN, ZAGWIN, MANLEY cité dans SCHWARZBACH, nous pouvons indiquer les températures approximatives pour le mois de juillet :

Dryas ancien : 10°C — Limite de la forêt claire à Bouleaux.

Alleröd : 15°C — Limite des Feuillus.

Dryas récent : 12°C — Limite de la forêt de Pins.

Etant donné les 19°C actuels dans le Bassin Parisien, les chiffres de MANLEY impliquant une différence de 4°C à l'Alleröd et 7 à 8°C au Dryas récent, par rapport à la température de juillet actuelle en Europe centrale, semblent valables en gros.

Quant aux précipitations, la bibliographie ne nous fournit pas de chiffres. TRICART et CAILLEUX indiquent qu'une couverture neigeuse importante serait un facteur entravant la formation des dunes ; le couvert neigeux a probablement été réduit à Mur puisque le Genévrier qui demande cette protection contre les gelées hivernales sous les climats rigoureux, ne fleurit pas au Dryas récent. Th. van der HAMMEN a proposé, pour la Hollande, un climat océanique au Dryas récent, déduit de la présence des *Ericacées* et d'*Empetrum* tandis qu'au Dryas ancien, l'Armoise représenterait une tendance continentale ; mais, peut-on attribuer une signification climatique à des différences entre une végétation pionnière (Armoise) et une lande (*Ericacées*) qui représente un stade évolué de régression forestière ? De toute façon, aucune lande n'a pu être mise en évidence en Sologne, au Dryas récent, pas plus d'ailleurs qu'à Prémery dans le Nivernais (N. PLANCHAIS, 1966). L'accroissement des Graminées au premier endroit, des Composées au second est-il un indicateur de tendance steppique ? La réduction du nombre des pollens d'arbres par rapport aux nombres obtenus dans les régions voisines : Normandie, Région Parisienne (Fig. 3), voire dans les montagnes françaises, oriente aussi vers cette interprétation ; mais, sans chiffres de précipitations (donnés par ailleurs comme c'est le cas pour les températures estivales) qui fourniraient une preuve indirecte et sans détermination spécifique des pollens, il est impossible de préciser un phénomène peu contrasté ici.

Quoi qu'il en soit, la tendance climatique continentale déjà sensible actuellement en Sologne, a pu être beaucoup plus marquée au Tardiglaciaire ; l'influence de l'Inlandsis couvrant le continent

anglo-européen et l'influence montagnarde du Massif central ont dû créer, en Sologne, des conditions locales rigoureuses et particulièrement ventées, peu favorables à la végétation.

B — HOLOCÈNE.

Nous avons supposé que l'instabilité du substratum sableux au Tardiglaciaire, empêchait les étapes d'avancement de la végétation habituel à cette époque. L'établissement de la forêt, au Préboréal, nous apporte de façon supplémentaire, un argument convaincant de cette manière de voir ; le réchauffement climatique permet d'emblée l'installation des feuillus en même temps que celui du Pin ; en effet, dès que n'intervient plus le vent dont l'action est liée à l'environnement périglaciaire et qui est un facteur-limite de la végétation solognote, les conditions de température et d'humidité autorisent tout de suite le développement de la forêt caducifoliée. Le schéma de la colonisation actuelle des sables qui ont été décapés par l'action de l'homme ou des animaux, peut donner quelques indications concernant le déroulement de l'histoire du peuplement ; il passe d'abord par le stade du *Corynephorretum*, puis par celui de la pelouse silicicole dense où s'introduisent les buissons de *Sarothamnus scoparius* et aboutit enfin à la Chênaie sessiliflore ; l'ensemencement naturel des résineux a lieu seulement sur sol très sec (BOURNERIAS, p. 120-121-197). Il est à peu près certain, cependant, qu'au Préboréal, le Pin ne devait pas se cantonner uniquement dans les stations sèches. D'autre part, la palynologie ne peut saisir, en général, les étapes de lande haute à Papilionacées toutes entomophiles (GÉHU, PLANCHAIS). Si l'on reprend la distinction des milieux, exposée précédemment, on peut dresser le tableau suivant pour le Préboréal :

- | | | |
|----|---|---|
| IV | { | a) Végétation semi-aquatique — Ceinture de Bouleaux, d'Aunes et Saules encore clairsemés.
b) Pins, Chênes, Noisetiers.
c) Chênes, Ormes, Aunes, Noisetiers. |
|----|---|---|

Au cours de l'Holocène, la végétation franchement aquatique disparaît presque totalement : les pollens des plantes aquatiques se présentent de façon sporadique et proviennent de mares temporaires. La composition homogène de la tourbe à Phragmites et à Cypéracées indique une permanence de la végétation semi-aquatique dans la tourbière elle-même, sans intervention de boisements turfiques importants. Néanmoins, l'analyse pollinique révèle de grands pourcentages de pollens de *Betula* et d'*Alnus*, le plus souvent en alternance, qui sont vraisemblablement les témoins des ceintures forestières marécageuses. Les pourcentages des pollens

représentant les boisements hygrophiles, joints à ceux de la végétation semi-aquatique arrivent à un total qui se situe généralement aux environs de 70 % de la somme pollinique totale (fig. 4) ; c'est dire l'importance de la végétation locale tout au long de l'Holocène. L'interprétation tiendra compte des variations de la composition des taillis de bordure de la tourbière et des variations de la végétation régionale ; il n'y a plus lieu de tenir compte du milieu lointain que constitue la vallée du Cher ; même s'il fournit un apport à la pluie pollinique, il ne présente plus d'espèces d'arbres qui lui sont strictement inféodées. Par contre, le milieu régional, considéré dans un rayon de quelques kilomètres autour du point étudié, comporte au sein de l'étendue sableuse et argileuse, quelques petits affleurements calcaires. Actuellement ces places calcaires sont occupées par des boqueteaux d'Ormes, de Frênes, d'Erables, de Robiniers, de Prunelliers et d'Aubépines, en bordure des cultures ; ils contrastent fortement avec les taillis et landes acidiphiles solognotes ; leurs boisements caractéristiques ont apporté, dans le passé, une touche originale à la pluie pollinique de la région, très précieuse pour le palynologue ; si faible que soit l'élément pollinique étranger à celui de la Chênaie acidiphile ou mésotrophe, il permet néanmoins la zonation pollinique dans un ensemble monotone, de la façon suivante : (Adaptation de la zonation de GODWIN).

- Zone IV — 310-335 cm. *Préboréal*. Phase de boisement de la région ; les arbres, classés par ordre d'importance des pourcentages polliniques, sont : Pin, Bouleau, Aune, Noisetier, Chêne.
- Zone V — 295-310 cm. *Début du Boréal*. Première forêt. Maximum du Pin avec Bouleau, Chêne, Noisetier et Aune.
- Zone VI — 280-295 cm. *Boréal*. Régression de la forêt (assèchement). Réapparition de l'Armoise. Régression du Pin. Extension du Bouleau, du Chêne. Maximum de l'Orme et du Noisetier.
- Zone VII a — 215-280 cm. *Atlantique*. Extension maximale de l'Aune accompagnée de *Rhamnus*. Présence de Chêne, Bouleau, Noisetier, Orme, Tilleul et Frêne.
- Zone VII b — 135-215 cm. *Subboréal*. Extension maximale du Bouleau. Régression de l'Aune. Présence de Chêne, Noisetier, Orme, Tilleul, Hêtre.
- Zone VIII — 20-135 cm. *Subatlantique*. Paysage semi-boisé. Régression du Bouleau. Présence de Chêne et Hêtre, Charme, Noisetier. Disparition du Tilleul. Plantes herbacées cultivées et adventices.

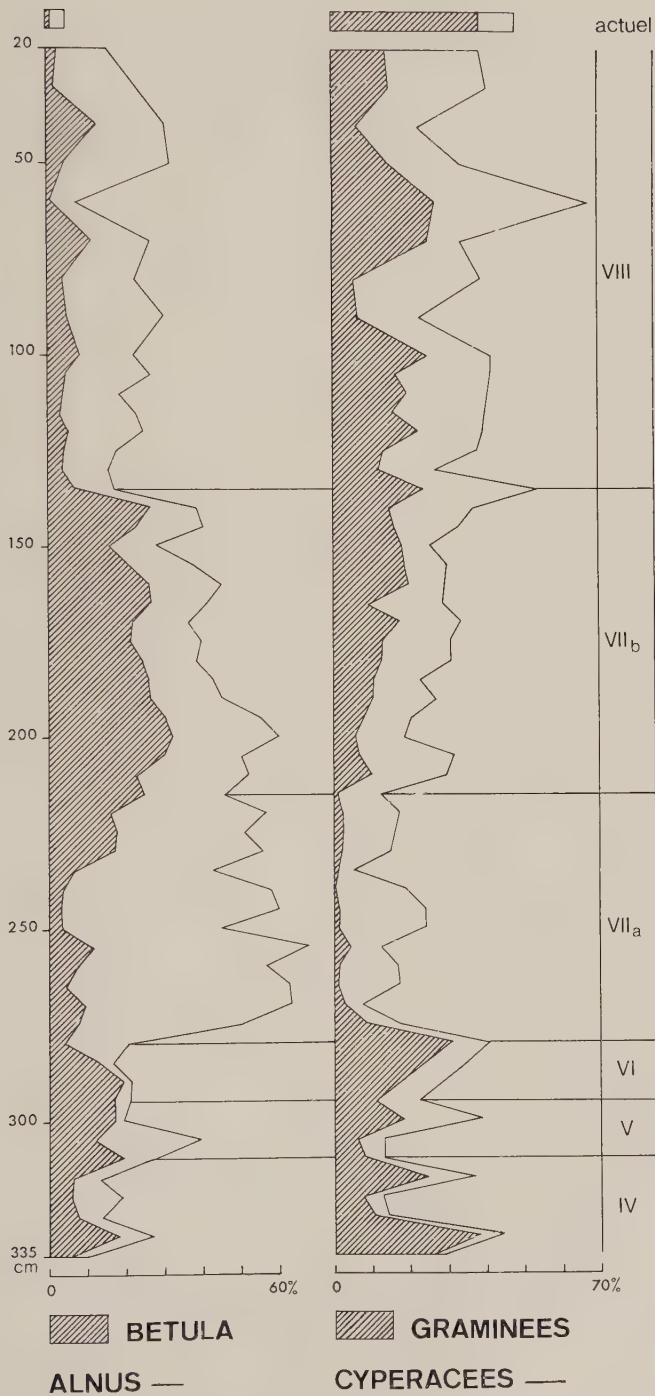


FIG. 4. — Mur. Végétation locale à l'Holocène. Les courbes de *Betula* et d'*Alnus* ont la même origine. Même chose pour les Graminées-Cypéracés.

Nous étudierons successivement le devenir de quelques groupes qui ont des affinités écologiques :

1) La végétation des ceintures forestières marécageuses. Sa relation avec l'assèchement au Boréal. Spectre actuel.

2) L'Orme et le Frêne. Comparaison de « l'effet de filtration » de TAUBER dû à la ceinture d'Aune.

3) Le Tilleul et le Hêtre. Etude pollinique du podzol de Dhuizon.

4) Le Chêne. Essai concernant la détermination spécifique des pollens de Chêne.

4 a — Relation du Chêne pédonculé et végétation forestière hygrophile.

4 b — Rapport du Chêne sessile avec la végétation sciaphile et avec le Hêtre.

4 c — Les défrichements.

1) *La végétation des ceintures forestières marécageuses* (fig. 4).

Les quatre genres d'arbres principalement représentés dans le diagramme sont le Bouleau, l'Aune, le Chêne et le Noisetier. Bien qu'on ne puisse vraiment exclure aucun genre des différents milieux régionaux comprenant à la fois des terrains sableux et des terrains argileux, des stations sèches et des stations fraîches ou nettement humides, il est néanmoins raisonnable d'imaginer une dominance d'Aunes ou de Bouleaux autour de la tourbière et de placer le Noisetier et une grande partie du Chêne dans le territoire réservé à la forêt générale. Cette manière de voir correspond en partie au classement des groupes écologiques forestiers actuels (GODRON et collab.) :

— *Groupe A* : aulnaies sur sols marécageux ou asphyxique — Taillis non aménagés par l'Homme.

— *Groupe H* : forêts pénéclimaciques sur sol sain frais ou humide avec *Carpinus Betulus* et *Corylus Avellana* — Forêts protégées par l'Homme : parcs privés, forêts domaniales.

— *Groupes des landes forestières* : le Chêne joue un rôle régulateur sur le régime de l'eau aussi bien dans la lande sèche que dans la lande humide — Influence profonde de l'Homme.

En ce qui concerne le Bouleau, c'est plutôt le grand nombre de ses pollens qui nous incite à l'inclure dans les groupements de ceinture de l'étang. Dans la forêt générale, il devait être beaucoup moins abondant autrefois que maintenant car les défrichements ont certainement multiplié ses stations. L'alternance — sur le diagramme — du Bouleau et de l'Aulne est interprétée comme étant représentative de la variation : Bouleau = milieu plus sec (ou plus acide), Aune = milieu plus humide. Bien que le Bouleau tolère mieux que

l'Aune un plan d'eau permanent élevé (DUCHAUFOR, 1965), cette particularité ne joue pas ici dans l'interprétation, étant donné l'habitat de ces arbres ; on a supposé ci-dessus qu'ils colonisaient les zones temporairement inondables autour de la tourbière et non la tourbière elle-même. Comme la majorité de la tourbière est occupée par une végétation herbacée semi-aquatique représentée — palynologiquement parlant — par l'association Cypéracées-Graminées, il s'en suit qu'aussi bien un assèchement qu'une inondation doivent provoquer une croissance de ce groupement des deux familles de plantes herbacées qui s'adaptent plus vite que les arbres aux nouvelles conditions. La figure 4 montre, en effet, qu'une pointe des pollens de Cypéracées + Graminées précède toujours chaque accroissement de Bouleau et d'Aune (voir tableau suivant également).

Salix n'est pas abondamment représenté dans le diagramme de Mur ; quand il est indiqué, il se trouve plutôt au moment des dominances de *Betula* (Saussaie — Boulaie). Plus précisément, les pointes de Saule, comme celles des Cypéracées — Graminées semblent être reliées aux variations dans la tourbière et aux limites des zones polliniques ; elles sont dues à la plasticité d'adaptation du Saule.

Le tableau suivant indique les niveaux de correspondance approximative entre chaque augmentation d'*Alnus* ou de *Betula* et l'accroissement précurseur des Cyperaceae-Poaceae ; les niveaux de pointes de *Salix* et les limites des zones polliniques sont également figurés pour la comparaison.

<i>Alnus</i>	<i>Betula</i>	Cyperaceae + Poaceae	<i>Salix</i>	Limites inférieures des zones	Zones polliniques
Niveaux					
50		60			Subactuel
120		135	150	135	Subatlantique
	205	210	215	215	Subboréal
			280		
275		280	à	280	Atlantique
			300		
	290 à 300	300		295	Boréal
305		315	315	310	Début du boréal
cm			335	335	Préboréal
			355	350	Dryas récent
			375		
			400	410	Alleröd
			450	450	Dryas ancien

Les zones d'extension des forêts inondables devaient être variables évidemment mais assez considérables, malgré tout, vu le peu de pente des terrains avoisinant la tourbière ; les chemins de bordure actuels surélevés sont manifestement édifiés de main d'Homme.

Aux niveaux 285 à 300 cm, une couche de vase noire, marquée sur le diagramme par la régression presque totale de l'Aune et par la croissance du Bouleau, témoigne d'un assèchement dans la tourbière et aux environs. Nous rejoignons ici l'exposé de COÛTEAUX (p. 175-177) qui rencontre souvent en Gaume des tourbes noirâtres avec un « faciès palynologique boréal » en relation avec certaines pointes des courbes du Noisetier. L'auteur parle de débris végétaux véritablement « houillifiés ». Nous avons ici également le maximum de *Corylus* et de nombreux débris ligneux microscopiques très bruns. La même chose a été signalée dans le Subboréal de Saint-Mars-de-Coutais (PLANCHAIS, 1967, p. 87). Il est peut-être profitable de rapprocher ce phénomène naturel de l'évolution, connue des pédologues, qui se produit lors de la mise en valeur (mal conduite) des tourbières ; si le plan d'eau est trop abaissé, la partie supérieure des tourbières basses s'assèche fortement ; une transformation chimique irréversible se produit avec intervention des tannins et aboutit à la constitution d'une matière noire semblable au liège. On peut penser qu'au Boréal ou pendant certaines périodes sèches, il se produit un véritable tannage des débris organiques. Ces horizons d'assèchement suivis d'une reprise de la tourbification, dans les tourbières plates, peuvent être considérés comme équivalents aux Horizons-Limites ou « Grenz-Horizont » des tourbières hautes.

Pendant le Boréal, le Pin sylvestre a dû être un composant des végétations de ceinture car sur certains débris se dessinent des ponctuations aréolées. Il y aurait un véritable relais : Pin-Bouleau-Aune. Ceci est à rapprocher du fait signalé par COÛTEAUX dans sa thèse : « *Alnus* domine les spectres de tourbières pendant l'Atlantique, dans les sites de tourbières basses dans toute l'aire « atlantique » de l'Ardenne caractérisée par la répartition de *Ilex*... *Pinus* décroît à l'Atlantique dans l'aire de l'*Ilex* ». A l'Archet, également (JALUT) on peut associer : niveaux noirs, grands pourcentages de Noisetiers, croisement brusque des courbes du Pin et de l'Aune et zone pollinique : Boréal — début Atlantique. Ce croisement brusque donne à penser, ici comme ailleurs, à l'existence d'une lacune de sédimentation ; l'estimation de la vitesse de croissance de la tourbe donne une idée de l'importance temporelle de cette lacune (voir ci-après). D'autres faits sont concordants avec l'assèchement de la tourbière : la floraison des lentilles d'eau (*Lemna*) dont les pollens sont trouvés juste dans les niveaux de vase noire et la décroissance importante de la fréquence pollinique absolue aux niveaux 310-315 cm ; avant que l'assèchement ne se manifeste dans la sédimentation, la flore locale a dépéri, troublée par le phénomène, puis elle s'est adaptée. Les Sphaignes se développent à ce moment-là. Les recherches biblio-

graphiques — pour les spores : atlas de DOMBROVSKAIA, KORENINA et TJUREMNOV, article de TALLIS — pour l'habitat : DIXON, ALLORGE et GAUME, JOYET, BOURNERIAS — nous amènent à distinguer deux dominances de spores de Sphaignes bien distinctes morphologiquement ; au Boréal, il s'agirait de *Sphagnum rubellum* (sect. *acutifolia*) ; spores moyennes 28-30 μ à surface inférieure (face opposée à la marque trilète) ornée de grosses papilles circulaires à subquadrangulaires ; c'est une Sphaigne héliophile qu'on trouve dans la « Bruyère spongieuse ». Au Subatlantique, ce serait *Sphagnum recurvum*, plus sciaphile ; spores moyennes 28-30 μ à surface inférieure souvent ornée d'un dessin en forme de I grec empâté et peu proéminent. Actuellement, les Sphaignes sont assez rares. Celles qui ont été ramassées dans l'ancienne zone d'extraction de la tourbe et dans une station à *Carex pseudo-cyperus* ont été déterminées d'après la flore de DIXON et appartiennent à l'espèce *S. acutifolium* ; les feuilles de leurs tiges sont tachées de carmin à la base.

Pour en terminer avec la question de l'assèchement contemporain de la période boréale, il faut ajouter la preuve corroborante apportée par la présence des pollens de *Vitis* (deux grains dans deux sondages différents), d'*Artemisia*, de Composées en plus grand nombre.

Parmi les plantes du groupe écologique indicateur de l'Aulnaie, beaucoup ont des pollens ou spores faciles à reconnaître : *Hydrocotyle vulgaris*, *Iris pseudo-acorus*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Osmunda regalis*, *Polygonum hydropiper*. Presque toutes ces espèces ont été rencontrées de façon sporadique. Les spores d'*Osmunda regalis* sont présentes depuis la fin du Tardiglaciaire. La courbe est continue au moment du maximum de l'Aulnaie, accompagnée également par *Rhamnus Frangula*, espèce très tolérante des sols asphyxiques ; les déboisements de la fin du Subboréal et du début du Subatlantique sont favorables à la fructification et à la dispersion des spores d'*Osmonde* qui sont alors le mieux représentées ; l'*Osmonde* existe encore aujourd'hui dans les taillis de bordure de la tourbière.

Les courbes qui rappellent l'évolution de *Betula* et celles des Ericaceae — *Calluna* presque en totalité — ne sont pas sans évoquer l'histoire de la dégradation de la Chênaie atlantique (DUCHAUFOUR, 1948). Il nous faut renoncer à suivre cette question ici ; en effet, la Callune appartient au domaine de la tourbière ; elle est significative de l'état d'évolution du marais et ne peut servir à donner une idée du déroulement de la podzolisation. Du reste, les sols non cultivés avoisinant la tourbière sont des sols podzoliques à pseudo-gley et sont plutôt occupés par des landes boisées à *Ulex*

nanus et *Sarothamnus scoparius*, où la *Calluna* n'est pas envahissante. Enfin, la courbe pollinique du Chêne reste relativement constante depuis la période atlantique. La présence de sols à pseudogley assez superficiel est en accord avec l'existence d'Aulnaies plus ou moins anciennes. Nous essaierons de montrer qu'elles ont dû former une association du type *Querceto-Alnetum* avec le Chêne pédonculé. Cette association a disparu actuellement aux abords de Rouzerelles.

Le spectre pollinique actuel, fourni par les échantillons de Sphaignes, donne une bonne idée de la végétation générale et est assez différent des premiers spectres du diagramme pollinique : *Betula* : 1,3 %, *Pinus Laricio*, *Pinus maritima* surtout, *Pinus silvestris*, total : 25,3, *Picea* : 0,2, *Castanea* : 0,2, *Quercus*, total : 4,4, *Quercus pedunculata* : 3,1, *Alnus* : 4,7, *Carpinus* : 0,2, *Salix* : 2, *Corylus* : 0,2, *Fraxinus* : 0,2, *Ulmus* : 0,2, *Fagus* : 0,2, *Cerealia* : 0,5, Graminées : 38,8, Cyperaceae : 9,6, *Calluna* : 0,5, *Lysimachia vulgaris* : 1,5, Composées : 2, Papilionaceae : 0,5, *Epilobium* : 0,2, *Rumex* : 1,8, Ranunculaceae : 0,2, *Lythrum* : 0,2, *Hydrocotyle* : 0,5, *Potamogeton* : 0,2, *Pteris aquilina* : 0,5, *Nymphaea alba* : 0,5, *Sphagnum* : 0,7, *varia* : 1,5. $T = 385$, A.P./T = 40 %. Le spectre actuel ressemble plutôt à celui de l'échantillon 280 cm (limite Boréal-Atlantique) ; ainsi, l'aménagement de la tourbière et les déboisements ont produit un effet analogue à celui de l'assèchement naturel de la tourbière et à la régression de la forêt par des conditions xériques à une époque ancienne.

2) *L'Orme et le Frêne. Comparaison de l'« effet de filtration » de TAUBER dû aux taillis de bordure composés d'Alnus glutinosa* (fig. 5).

Les courbes d'*Ulmus* et de *Fraxinus* ont souvent des amplitudes relativement équivalentes dans les diagrammes. Le point commun de ces deux essences est d'exiger des sols riches en bases. Les comparaisons de MOORE à propos des diagrammes de MITCHELL concernant la plaine centrale d'Irlande illustrent bien les différences entre les stations à substratum formé par des argiles glaciaires riches en calcium où *Ulmus* et *Fraxinus* ont abondé, et les stations granitiques où le Chêne et le Pin ont dominé largement. Nous en avons une illustration aussi remarquable au centre de la France (PLANCHAIS, 1969). Le diagramme de Sologne s'oppose de façon frappante à celui du Berry ; la tourbière de Rians (Berry) installée sur calcaires jurassiques n'est distante de celle de Mur que de 80 km. Il n'y a pas de différence climatique très forte entre les deux stations. La somme des pollens d'*Ulmus* et de *Fraxinus*, à l'Atlantique par exemple, est de 1 % à Mur et de 15 % (par rapport à T) à Rians.

Fraxinus excelsior, plus exigeant qu'*Ulmus campestris* vis-à-vis de l'eau peu profonde du sol, n'apparaît sur le diagramme de Mur qu'à l'Atlantique. Par contre, la courbe d'*Ulmus*, si réduite qu'elle soit, offre une remarquable continuité, du Boréal à nos jours ; elle démontre la constance de l'apport semi-lointain favorisé par les vents du Sud-Ouest les plus fréquents dans le centre de la France pendant les périodes de croissance de la végétation ; d'autre part,

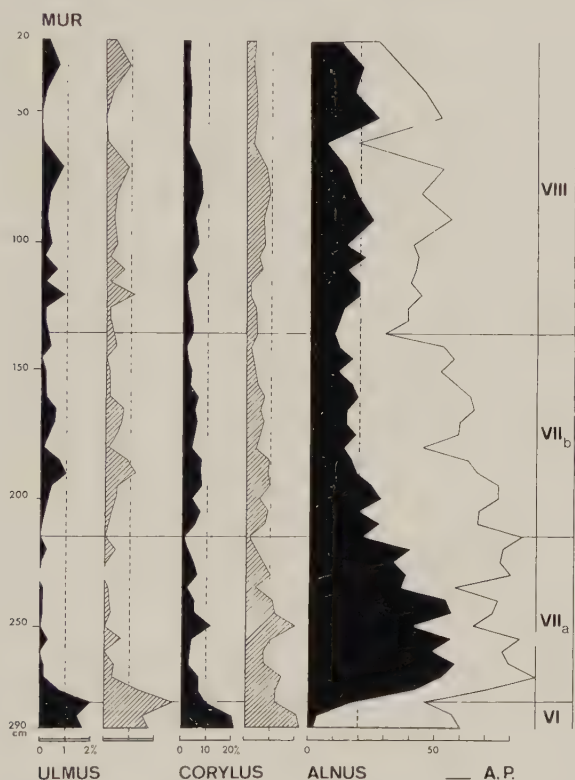


FIG. 5. — *Ulmus* et *Corylus* et « effet de filtration » de TAUBER dû à *Alnus glutinosa*. En noir, courbes d'*Ulmus* et de *Corylus* calculées par rapport à T. En hachuré, courbes d'*Ulmus* et de *Corylus* calculées par rapport à T moins *Alnus*.

elle s'oppose à l'allure de la courbe classique qui débute au Préboréal, croît et atteint son maximum au Boréal et à l'Atlantique, décroît brusquement au Subboréal pour devenir discontinue par la suite. D'innombrables articles ont été consacrés à la « chute de l'Orme » à la suite des articles de TROELS-SMITH et d'IVERSEN ; la « chute de l'Orme » est le critère le plus fréquemment utilisé pour

placer la limite des zones polliniques Atlantique-Subboréal. Dans notre étude, à la même époque, on pourrait plutôt parler de la « poussée » de l'Orme (fig. 5) ; le fait serait paradoxal si le phénomène ne jouait pas sur d'aussi faibles pourcentages. A propos du diagramme de Mur, nous pensons que le déclin apparent de l'Orme à l'Atlantique est dû à l'effet de rideau engendré par les Aulnaies poussant à la périphérie de la tourbière. TAUBER a longuement étudié les trajets de la masse pollinique au-dessus de la voûte terminale des arbres et au niveau des troncs et des branches ; en ce qui concerne le dépôt pollinique dans une tourbière, l'apport empruntant la seconde voie paraît très important ; l'Aune glutineux par la densité de son taillis et par la propriété adhésive de la surface de ses feuilles et de ses branches retient les pollens et gêne leur dissémination. HEIM a également constaté l'effet de rideau même pour les Boulaies. Il est logique de penser que cet effet doit être beaucoup plus important quand il est produit par les Aulnaies et le terme « filtration » employé par TAUBER à propos du phénomène semble particulièrement heureux. Sur la figure 5, ont été reproduites les courbes d'*Ulmus* et de *Corylus* dessinées en incluant *Alnus* dans la somme pollinique de base des calculs et en l'excluant. On voit tout de suite que ce n'est pas la grande quantité de pollens d'Aune à l'Atlantique qui intervient, par jeu des pourcentages relatifs, pour réduire la courbe d'*Ulmus*. Il apparaît qu'au-dessus de 20 % de pollens d'Aune, la filtration affecte les pollens d'Orme — niveaux : 50, 90, 105, 190 cm. et en-dessous. La surreprésentation des pollens d'*Alnus* ne doit pas être excessive dans le cas des aulnaies extérieures à la tourbière. Un rideau d'Aune assez peu épais suffirait donc à modifier la pluie pollinique. *Corylus* a été figuré pour la comparaison. Comme cet arbuste pousse beaucoup plus près du point de sondage que l'Orme, qu'il est en bien plus grandes quantités et que son extension a varié au cours du temps, favorisée par des déboisements ou par des causes naturelles, il est moins opportun pour l'étude de la filtration ; de plus, il est certainement moins sensible à cet effet puisque sa floraison a lieu, en France, en janvier-mars (COSTE), en grande partie avant la poussée des feuilles d'Aune alors que l'Orme ne fleurit qu'en février-avril.

En examinant les diagrammes du Bassin de la Loire atlantique (PLANCHAIS, 1967, 1969) dans lesquels *Alnus* occupe une place importante à différentes époques, la filtration possible des pollens d'Orme par l'Aulnaie semble se renouveler ; le fait serait assez général : les « bouffées » de pollen d'*Alnus* sont en corrélation avec des amenuisements de la courbe d'*Ulmus*. Comme la Sologne, le territoire armoricain n'a pas été ou a peu été colonisé par l'Orme

(MORZADEC, 1969). Pourtant les loess de la « ceinture dorée » de la Bretagne et certaines bordures côtières qui reçoivent l'apport marin minérogène sont favorables à l'implantation de cette essence. Il est fort probable que la migration de l'Orme a été retardée par la grande barrière édaphique que constituent les schistes et les granites de la péninsule armoricaine ; ces roches ont dû accorder une préférence nette à la croissance du Chêne dont le rôle concurrentiel a défavorisé l'Orme. Actuellement, l'Orme et le Chêne pédonculé occupent une place de choix dans le bocage sublittoral entre Van-



FIG. 6. — Carte schématique du Sud de la région de Blois.

x 1 : emplacement du sondage de Rouzerelles.

x 2 : emplacement du podzol de Dhuizon étudié.

— En trait interrompu, limite Ouest et Sud approximative des sables et argiles de Sologne.

nes et Saint-Nazaire (CORILLION, 1967, CORILLION, PLANCHAIS, 1967). Etant donné les emplacements des études polliniques en Basse-Loire, les pollens d'Orme peuvent avoir une origine semi-lointaine comme c'est le cas dans l'étude présente.

3) Le Tilleul et le Hêtre. Analyse pollinique du podzol de Dhuizon.

Comme l'Orme et le Frêne, le Tilleul est peu représenté ; les causes de sa rareté sont certainement différentes car cet arbre est moins exigeant que les deux précédents ; en effet, les nombreuses

analyses polliniques de sols sableux (pour le Bassin Parisien : MUNAUT et collab., DUPUIS et BECK, ROUX, GUILLET) révèlent des quantités très importantes de pollens de Tilleul dans des stations aujourd'hui colonisées par la Callune et transformées en podzols. Plusieurs analyses polliniques rapides ont été tentées sur différents sols de Sologne. Nous n'avons trouvé, en général, que des profils polliniques récents où le Pin succède à la lande à Callune ou bien l'inverse. Aucune trace de végétation ancienne n'avait été conservée ; c'est que les tentatives de cultures et les défrichements ont été importants en Sologne depuis la période romaine jusqu'au 15^e siècle (GODRON et collab.). Une période de déclin a suivi et la remise en valeur par la sylviculture n'a eu lieu qu'au 19^e siècle.

Dans la région de Dhuizon (fig. 6), se trouvent des landes typiques à *Erica cinerea* ; un profil de podzol a été analysé. Les prélèvements ont été faits le long de la route D 88 à 2 km 5 de Villeny. Le profil pédologique a subi des remaniements mis en évidence à la fois par l'observation sur le terrain, les analyses chimiques et la pollnologie.

+ 10 cm — Humus brut.

0- 6 cm — A1.

6-22 cm — A2 — limite mécanique probable à 22 cm.

22-24 cm — Bh. discontinu.

24-46 cm — A2 — limite pédologique à 46 cm.

46-50 cm — Bh. discontinu.

50-55 cm — Bs. ocre.

55-70 cm — B3g., sable argileux gris, hydromorphe.

Seule, la partie supérieure du profil contient des pollens. Le pH oscille de 4,6 à 5,9. La proportion de sables grossiers est de plus de 70 %. La végétation se compose d'un peuplement clair à *Betula alba* dominant avec *Quercus pedunculata*, *Pinus maritima*, *Pinus silvestris*. La fosse pédologique a été creusée dans une clairière non affectée par les labours profonds visibles de l'autre côté de la route ; *Erica cinerea* domine avec *Calluna vulgaris*, *Erica scoparia*, *Helianthemum guttatum* bien représenté par places, *Teucrium scorodonia*, *Rubus fruticosus*, *Sarothamnus scoparius*, *Prunus* sp. (*Achillea millefolium*).

La figure 7 et le tableau de comptage montrent l'existence d'une ancienne lande à Callune avant les reboisements et de nombreux pollens de plantes cultivées bien caractéristiques de l'économie régionale : Seigle, Céréales, Sarrasin. Ce qui nous intéresse le plus dans ce chapitre, c'est la persistance de pollens très corrodés ramenés dans les horizons supérieurs lors des façons culturales : *Fagus* et surtout *Tilia*. Il y a loin des pourcentages de *Tilia* habituels aux

sols sableux mais c'est tout de même un indice de présence du Tilleul à une époque antérieure. Il est probable que le Tilleul a été très subordonné au Chêne en Sologne, comme le Hêtre par la suite ; nous citons ALLORGE et GAUME : « Dans la Sologne proprement dite, dont le sol est exclusivement siliceux, le Chêne est partout l'essence dominante et le Hêtre à peu près absent ; l'extrême rareté de cet arbre, toujours disséminé dans les forêts des plaines du centre de la France, est encore accentuée ici par l'état de déboisement avancé de la région, état qui est défavorable à la régénération de cette essence » (écrit en 1925). PLAISANCE (1963) donne des chiffres de pourcentages des essences pour la forêt de Boulogne (fig. 6) dont fait partie le parc de Chambord : il s'agit d'une forêt domaniale, forêt royale auparavant depuis 1600 environ : Chêne rouvre et pédonculé : 72, Hêtre : 2, Charme : 8, Pin sylvestre : 16, Bois

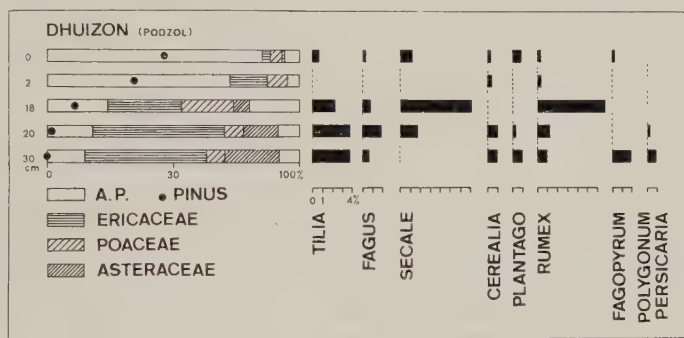


FIG. 7. — Quelques spectres du podzol de Dhuizon.

0 — Spectre d'échantillons de mousses et de lichens : *Dicranum scoparium*, *Dicranum* sp., *Pleurozium Schreberi*, *Hypnum cupressiforme*, *H. cupressiforme* var. *Ericetorum*, *Polytrichum juniperinum*, *Rhacomitrium canescens*, *Cladonia silvatica*. Les spores de mousses sont très abondantes ; si on les fait intervenir dans la somme pollinique totale, le rapport A.P./T. est de 65 % seulement. Ce pourcentage correspond mieux à la réalité car la strate muscinale est très importante dans les clairières.

2 — Spectre de l'humus brut.

18-20-30 — Spectres d'échantillons de sol.

blancs : 2. Pour la forêt de Vierzon : Chêne rouvre et pédonculé : 75, Hêtre : 5, Pin : 12, Divers : 8. Pour la forêt de Lamotte-Beuvron : Chêne rouvre et pédonculé : 30, Chêne Tauzin : 20, Bouleau : 10, Pin sylvestre : 40, Châtaignier. La proportion Hêtre/Chêne ne dépasse pas 1/15, selon les chiffres de PLAISANCE, 1/10 d'après les statistiques de DAUBRÉE publiées en 1912 mais la proportion pollinique est beaucoup plus forte : en moyenne 1/4 pour le Subatlantique, 1/8 pour le Subboréal. Comme il n'est jamais question que les pollens de Hêtre soient surreprésentés par rapport aux pollens

Tableau de comptage des pollens du podzol de Dhuizon.

	<i>Betula</i>	<i>Pinus</i>	<i>Quercus</i> total	<i>Quercus pedunculata</i>	<i>Quercus sessiliflora</i>	<i>Corylus</i>	<i>Alnus</i>	<i>Tilia</i>	<i>Fagus</i>	<i>Carpinus</i>	<i>Salix</i>	<i>Fraxinus</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Lonicera periclymenum</i>	A. P.	A. P./T.	T.	<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Erica scoparia</i>	<i>Erica cinerea</i>	Ericaceae total	<i>Saxothamnus</i> + <i>Lier</i>	<i>Teucrium scorodonia</i>
Mousses.....	22	46	13,9	6	3,4	0,3	2,5	0,6	0,3	—	—	0,6	0,9	—	271	85	317	1,2	0,9	0,9	3	0,3	—
Humus brut.....	25,7	34,4	7,8	3,6	0,9	1,8	0,9	—	—	—	—	0,4	1,3	—	158	72	218	1,8	2,3	11	15,1	—	0,4
18 cm.....	2,4	10,4	1,6	—	—	2,9	3,7	2,4	0,8	—	—	—	—	—	57	24	240	27,9	—	—	1,2	29,1	0,4
20 cm.....	1	1,3	1,5	1,5	—	3,8	4,3	3,8	1,9	—	—	—	—	0,4	83	18	465	50	0,6	1	52	—	—
30 cm.....	1,2	0,6	0,6	—	—	2,8	5,2	3,7	0,7	0,15	0,15	—	—	—	103	15	670	48	—	—	48,3	—	—

	Rosaceae	Brassicaceae	Ranunculaceae	Caryophyllaceae	Campnulaceae	Cyperaceae	Scutellariaceae	Rumex acetosella	Asteraceae	Poaceae	Cerealia	Secale	Plantago lanceolata	Plantago coronopus	Plantago total	Chenopodiaceae	Tagopyrum esculentum	Polygonum persicaria	Filicales total	Polypodium	Pteris aquilina	Osmunda regalis	Varia
Mousses.....	0,3	—	—	—	—	—	—	0,3	0,9	5,3	0,3	1,2	0,9	—	0,9	0,6	0,3	—	—	—	—	—	0,6
Humus brut.....	—	0,9	—	—	—	—	—	0,4	—	8,2	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,8
18 cm.....	—	1,2	0,4	0,4	—	0,8	—	6,7	6,7	20,4	—	7,1	—	—	0,4	—	—	—	1,2	0,8	—	—	1,2
20 cm.....	—	—	—	—	0,2	0,4	0,4	1,5	13,5	7,7	1	1,7	—	—	0,4	—	—	0,2	1,4	1	0,4	—	1,3
30 cm.....	—	—	—	0,45	—	0,15	—	0,9	21,6	7	0,9	—	0,3	0,1	0,9	0,15	1,9	0,9	0,6	0,45	—	0,15	0,9

de Chêne, la forêt primitive devait être beaucoup plus riche en Hêtre que les études des botanistes ne le laissent supposer. Le Charme, par contre, a peu d'importance dans le diagramme ; le départ de la courbe continue (fig. 1) pourrait correspondre à l'extension probable des Chênaies-Charmaies après la décadence du 15^e siècle.

Les études polliniques des sols de la forêt de Sainte Hélène en Lorraine, faites par GUILLET, semblent montrer un remplacement du Tilleul par le Hêtre au cours du Subboréal et les deux essences atteignent à peu près les mêmes pourcentages polliniques. A Mur, le Hêtre est nettement mieux représenté que le Tilleul ; les époques de floraison des deux arbres (*Fagus silvatica* : avril-mai, *Tilia cordata* : juillet) les soumettent tous les deux à la filtration par l'Aulnaie mais les tailles des arbres sont fort différentes : *Alnus glutinosa* : 20-30 m, *Tilia cordata* : 25-30 m, *Fagus silvatica* : 30-40 (45) m (PARDE). Ceci justifierait que les pollens de Tilleul soient plus « filtrés » que ceux du Hêtre par l'Aulnaie — de toutes façons plus dense à l'Atlantique. Les différents travaux du laboratoire de Palynologie de Louvain ont montré que le Tilleul, à pollinisation entomogame, dispersait beaucoup de pollens mais à peu de distance ; pourtant, le Tilleul figure dans la liste des pollens les plus représentés des relevés aéropalynologiques de CHARPIN, AUBERT et MALLEA (terrasse de l'Institut Pasteur à Paris). Le total des pollens de Tilleul pour 5 années s'élève à 363 pollens, celui des Chênes à 3953, soit environ 10 fois plus. En fait, la masse de ces pollens de Tilleul ne serait comparable qu'à celle empruntant le trajet au-dessus des arbres, selon TAUBER et non à celle qui se sédimente dans la tourbe et qui passe à quelques mètres du sol seulement. Dans cette direction de recherche, la solution devient alors confuse.

Actuellement, *Tilia cordata* se trouve plutôt — mais non exclusivement — dans les Chênaies-Charmaies plus ou moins calcicoles (pour la région parisienne : forêt de l'Isle-Adam, forêt d'Halatte) ; le Hêtre y est souvent présent. Il semblerait que *Fagus silvatica* tolère mieux l'acidité du sol. C'est probablement là, la vraie raison de l'importance plus grande qu'a prise le Hêtre par rapport au Tilleul, en Sologne.

4) Etude spécifique de la Chênaie.

Les lambeaux de forêts primitives de Sologne sont constitués essentiellement par des Chênaies silicieuses à *Hypericum pulchrum* et *Teucrium scorodonia* (ALLORGE et GAUME). Le Chêne sessile et le Chêne pédonculé s'y trouvent en mélange, avec prédominance du premier sur les sables secs et les cailloutis et prépondérance du

second, plus hygrophile, sur les sables argileux. On rencontre également quelques exemplaires de *Quercus Toza* pour lequel la Sologne forme la limite orientale de cette espèce ibéro-atlantique.

L'analyse pollinique de Mur ne nous apporte pas de renseignements sur l'ancienneté de l'extension de cette espèce car il n'y a guère de types de pollen pouvant être rapportés au Chêne Tauzin. Il n'est pas surprenant de constater, de plus, que les pollens des Chênes : *Q. Ilex* et *Q. pubescens*, calcicoles dans le Nord de la France, n'ont pas été rencontrés. En général, à peu près 70 % des pollens de Chêne ont pu être attribués, soit au type pédonculé, soit au type sessile. Les critères suivants ont servi à distinguer les deux types :

— Pollen du type *Quercus pedunculata* EHRH. = *Q. Robur* L. = Chêne pédonculé.

Pollen faiblement longiaxe ; $28 \times 26 \mu$ à trois sillons dessinant une accolade en vue méridienne. Les lèvres des sillons sont granuleuses. Les granulations de l'exine sont très nettes, particulièrement bien colorées par la fuchsine basique employée de façon à colorer les pollens en carmin vif dans les préparations de tourbe. La répartition des granulations : rapprochées, anastomosées ou écartées les unes des autres, est souvent inégale sur toute la surface du grain de pollen. Les coupes de l'exine présentées par ERDTMAN, PRAGLOWSKI et NILSSON montrent en détail les irrégularités de la membrane pollinique : granulations ou verrues de taille variable supportées par des bacules plus ou moins serrés, épaissis parfois au sommet et à la base. Le tableau des mensurations publié par VAN CAMPO et ELHAI indique un triangle polaire, formé par les extrémités des trois sillons aux pôles, assez grand : 11μ de côté et une exine assez épaisse : 2μ . La mesure du diamètre équatorial varie largement de 24 à 32μ .

— Pollen du type *Quercus sessiliflora* SALISB. = *Q. petraea* MATT.) LIEBL. = Chêne Rouvre = Chêne sessile.

Sa taille est voisine de celle du précédent : $30 \times 29 \mu$. Le diamètre équatorial varie de 23 à 26μ . Les sillons, peu granuleux, sont droits si bien que le mesocolpium, un peu aplati, prend un aspect subrectangulaire augmentant l'apparence longiaxe du pollen. Le contour équatorial est souvent un peu lobé à cause de l'aplatissement du mesocolpium. Le triangle polaire est légèrement plus petit que celui du pollen du Chêne pédonculé et son exine un peu plus fine. L'ornementation de l'exine comporte des granulations légèrement plus petites, de taille plus régulière et de répartition plus uniforme que celle décrite ci-dessus.

En résumé, les espèces se distinguent le plus par l'allure des sillons et par l'ornementation. En fait, si certains pollens présentent bien à la fois des sillons droits et une ornementation régulière (type sessile) et d'autres à la fois des sillons arqués et une ornementation plus grossière (type pédonculé), il existe de nombreux pollens difficiles à classer avec grosses granulations et sillons droits ou verrues régulières et sillons très arqués par exemple. Des formes de passage d'un type à l'autre existent, rendant toute attribution spécifique impossible quand elles se présentent. D'après quelques analyses d'échantillons actuels, cependant, il semble qu'environ 70 % des pollens d'un Chêne pédonculé présentent le « type pédonculé » et pareillement pour le Chêne sessile où au moins 50 % environ des pollens présentent le « type sessile ». La dominance d'un type sur l'autre, de façon suffisamment prononcée, doit donc correspondre à la réalité biologique de la dominance d'une espèce sur l'autre.

Au point de vue écologique, les deux espèces ont des répartitions et des exigences actuelles sensiblement différentes. En Sologne, les conditions d'humidité ou de sécheresse favorisent l'une ou l'autre espèce.

Tableau des différences écologiques et des associations du Chêne sessile et du Chêne pédonculé (d'après GUINIER et JOVET, pour la plus grande partie).

Quercus pedunculata

RÉPARTITION.

Très largement réparti en Europe, de l'Atlantique à l'Oural. Limite N. approximative : 63° Norvège, 61° Suède.

Rare dans la région méditerranéenne en France.

ALTITUDE.

Arbre de plaine.

Limites en montagne :

1 300 m Pays Basque, 900 m Jura, 600 m Vosges.

SOLS.

Indifférent à la teneur en calcaire, supporte mal l'acidité du sol.

Terrains argileux ou argilo-siliceux humides, sols à gley.

Peu exigeant pour l'aération du sol, supporte sols compacts et inondations temporaires plus ou moins prolongées.

Quercus sessiliflora

Europe occidentale et centrale.

62° Norvège, 60° Suède.

Affinités atlantiques.

Arbre de collines, plateaux, contreforts de montagnes.

1 600 m Pyrénées, 1 000 m Massif Central, 800 m Vosges.

Indifférent aux propriétés chimiques.

Sols meubles bien drainés, même peu profonds ; sols sablonneux ou gréseux.

EAU.

Nécessité d'un approvisionnement suffisant en eau de différentes façons :

- par le sol ;
- par la pluviosité ;
- par l'état hygrométrique de l'air.

Moins exigeant en eau.

Supporte mieux la sécheresse.

TEMPÉRATURE.

Supporte assez bien le froid.
Souffre des gelées printanières.

Plus sensible aux gelées printanières.

VENT.

Résiste bien au vent.

LUMIÈRE.

Pleine lumière. Chêne « champêtre » ; taillis. Couvert du feuillage peu épais.

Dans massifs de futaie. Demande moins de lumière.
Couvert plus dense.

FORMATIONS FORESTIÈRES LES PLUS FRÉQUENTES.

Chênaie-Frénaie calcicole.

Chênaie pédonculé-Ormaie.

Chênaie-Aulnaie.

Chênaie pédonculée-Charmaie.

Chênaie-Charmaies-Tillaies.

Chênaie-Hêtraie : peu de Chêne pédonculé si massif dense.

Chêne pédonculé fréquent.

Absence du Chêne sessile.
id.

Peu ou pas de Chêne sessile.

Chênaie sessiliflore-Charmaie.

Chênaie sessiliflore-Hêtraie.

Chênaies silicicoles à Quercus sessiliflora et Betula verrucosa.

Hêtraie-Chênaie-Charmaie.

Dans le centre du Bassin Parisien, la variété des affleurements géologiques à l'Eocène (sables, marnes, argiles, calcaires, gypse), l'épaisseur parfois peu importante des diverses formations, les pentes des collines et l'influence humaine amènent une grande variété dans les Chênaies ; nous pouvons retenir pour la Sologne, les associations du Chêne qui se font principalement avec l'Aune, le Bouleau, le Charme et le Hêtre.

4a — *Relation du Chêne pédonculé et de la végétation forestière hygrophile* (Fig. 8).

JOVET (p. 167-168) a écrit : « ... On retiendra que l'Aune et le Bouleau pubescent peuvent subordonner une végétation similaire à celle d'une Chênaie silicicole sèche, mais dans laquelle le Chêne pédonculé tient la place du Chêne sessile... L'étude détaillée de ces

Saussaies-Boulaies pubescentes et Chênaies-Aulnaies turficoles acidiphiles, permettra sûrement de préciser certains épisodes du passé de la végétation car ce sont des groupements relictés correspondant à d'anciennes conditions climatiques ».

L'étude de détail du diagramme montre que *Quercus pedunculata* a plus nettement de relations avec *Alnus glutinosa* (fig. 8) qu'avec *Betula*. Ceci s'explique par le fait que les pollens de *Quercus*

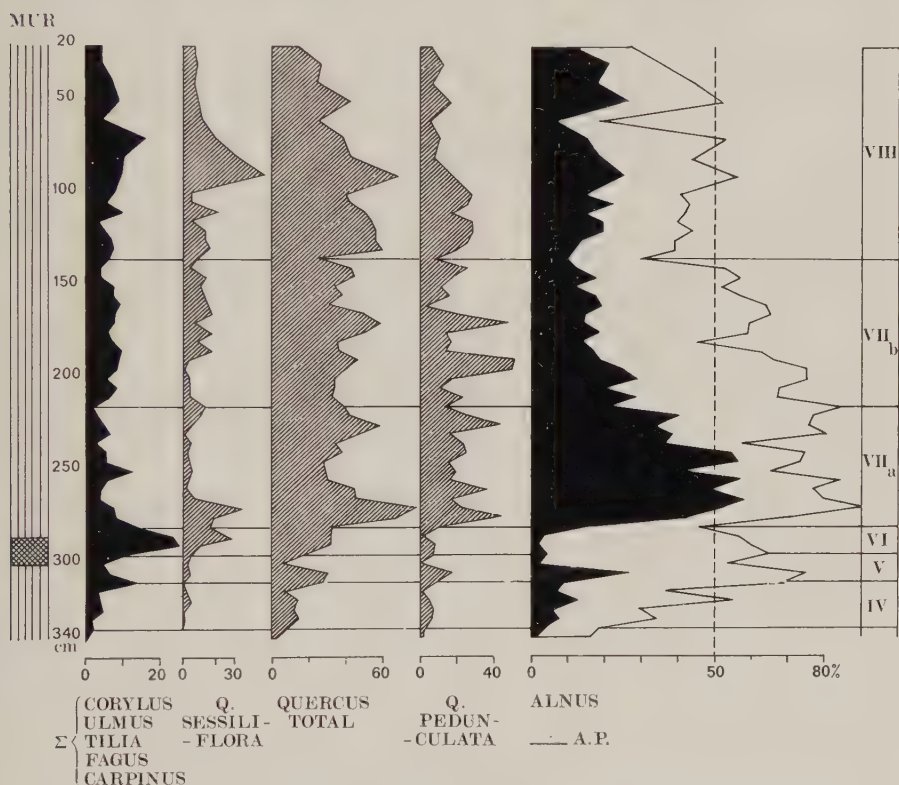


FIG. 8. — Comparaison des espèces de Chênes avec différentes essences forestières. *Quercus sessiliflora* et la végétation arborée sciaphile.

Quercus pedunculata et la végétation arborée hygrophile : *Alnus glutinosa*.

pedunculata ainsi que ceux de *Betula* ne peuvent être entièrement rattachés à la somme des pollens des groupements subhygrophiles ; il vaut mieux comparer la courbe de chaque essence à celle de l'Aune, plus nettement inféodé aux milieux humides. L'élimination à peu près certaine de *Quercus sessiliflora* de ces milieux, amène déjà plus de clarté en ce qui concerne l'étude de la Chênaie. LEMÉE a rattaché les Chênaies actuelles du Perche, implantées sur sols

argileux humides, saturés d'eau, au *Querceto-Carpinetum* ou au *Quercetum roboris parisiense*. Dans le passé, il semble qu'on puisse envisager un véritable *Querceto-Alnetum* à Chêne pédonculé avec Aune, Bourdaine, Bouleau et Saule.

4 b — *Rapport du Chêne sessile avec la végétation sciaphile forestière* (fig. 8, 9).

Le rapprochement écologique : Chêne sessile-Hêtre et Chêne pédonculé-Charme, souvent signalé par les forestiers (GUINIER) nous amène à comparer la courbe de *Quercus sessiliflora* et celle de *Fagus silvatica* (Fig. 9). Il y a une bonne concordance entre ces deux arbres exigeants du point de vue de l'aération du sol. La rareté du Charme, sur le diagramme, empêche la comparaison parallèle avec le Chêne pédonculé.

D'autre part, il nous a paru intéressant de grouper les pollens des arbres tolérant l'ombre (IVERSEN, 1960, p. 27) : *Fagus*, *Carpinus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Corylus* et de comparer les variations de la somme ainsi obtenue avec celles du Chêne sessile, plus sciaphile que le Chêne pédonculé. Il va de soi qu'il n'y a pas obligatoirement association du Chêne sessile avec chacun des arbres tolérant l'ombre ; l'Orme est surtout associé au Chêne pédonculé et le Noisetier n'est pas présent en général dans le *Querceto-Fagetum*. La somme qui a été faite est donnée uniquement comme un indice de la forêt générale plus ou moins clairière ; elle représente un maximum d'espèces pouvant être rassemblées avec la certitude qu'elles appartiennent en grande partie à la formation étudiée mais elle représente d'autre part un minimum pollinique puisque les espèces ambiguës comme *Quercus pedunculata* et *Betula verrucosa* (à pollens inséparables de ceux de *B. pubescens*) ont été exclues. La courbe du Chêne sessile suit bien, dans l'ensemble, celle du « groupe pollinique indicateur de la forêt générale ».

On peut attribuer aux poussées de Chêne sessile des significations différentes, si l'on envisage qu'elles répondent soit à la sécheresse, soit à l'extension de la Chênaie sessiliflore silicicole lors des phases de boisements primitifs ou secondaires.

— Sécheresse : Boréal (phase VI).

Subboréal, moins nettement.

— Boisement primitif : début de l'Atlantique.

— Boisement secondaire : un exemple démonstratif se place au cours du Subatlantique ; la reconquête forestière, après les défrichements, se manifeste par une pointe de Chêne sessile à 90 cm et précède une pointe du Hêtre à 70 cm. Par ailleurs, GAUME (1936), puis LEMÉE (1966) ont montré le passage de la Chênaie âgée, à sous-étage de Hêtre, vers la Hêtraie pure, en forêt de Fontainebleau.

On peut rapprocher les deux exemples, quoique la présence de limons plus ou moins épais en forêt de Fontainebleau conduise à des peuplements différenciés selon les placeaux.

4 c — *Les défrichements.*

Etant donné que la Chênaie s'est maintenue constamment aussi bien en forêt qu'en bordure de marécage, il s'ensuit qu'elle a dû être affectée dans tous les cas de défrichements proches ou loin-

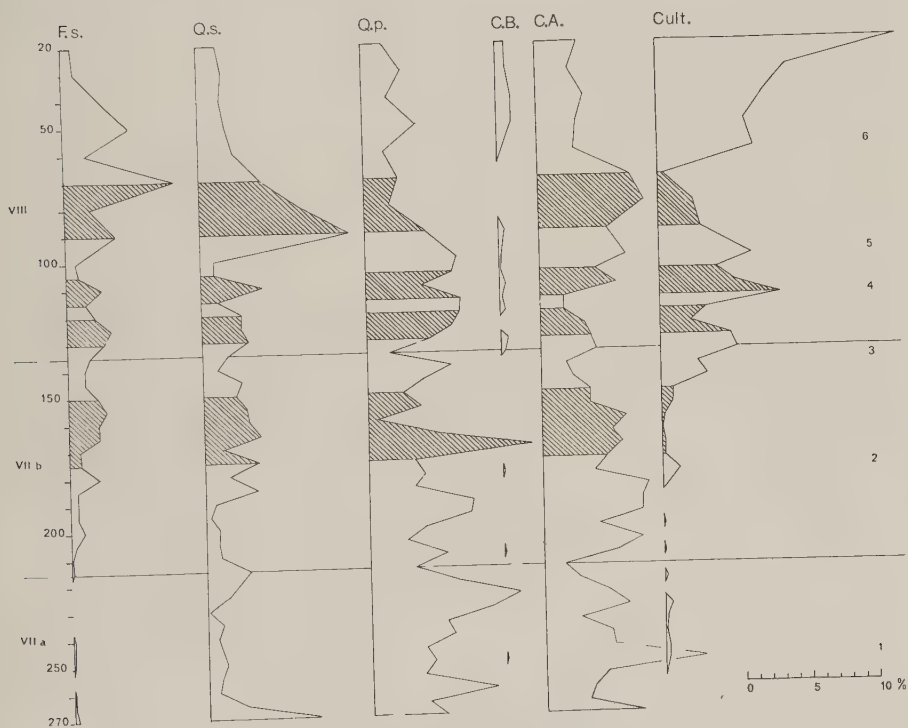


FIG. 9. — Forêts et défrichements.

F. s. = *Fagus silvatica*.

Q. s. = *Quercus sessiliflora*.

Q. p. = *Quercus pedunculata*.

C. B. = *Carpinus Betulus*.

C. A. = *Corylus Avellana*.

Cult. = Somme des pollens indicateurs de déboisements, pâturages ou cultures : *Cerealialia* + *Rumex* + *Plantago* + *Chenopodiaceae* + *Urticaceae* + *Asteraceae* + *Artemisia* + *Centaurea* *Cyanus* + *Armeria* + *Vitis*.

1 — Influence de l'homme à l'Atlantique ?

2 — Période chalcolithique probable.

3-4-5 — Tène, Période romaine, Moyen âge.

6 — Période subactuelle.

tains. La plupart des indentations dans la courbe A.P./T. correspondent effectivement à des indentations dans la courbe du Chêne :

- 1°) au cours de l'Atlantique, niveaux : 235-250 cm.
- 2°) au cours du Subboréal, niveau 180 cm.
- 3°) au cours du Subatlantique, niveaux 135, 100, 80, 60 cm.

Les courbes des plantes cultivées et des plantes accompagnatrices étant très minces et discontinues, il a paru intéressant de faire la somme de toutes ces indications minimales pour obtenir un faisceau de résultats (fig. 9) ; la courbe d'incorporation (= Cult. sur la fig. 9) présente six pointes, en excluant le maximum tout récent du sommet de la tourbe ; elles sont en relation nette avec des échancrures de la courbe de *Quercus sessiliflora*. Les relations avec *Quercus pedunculata* sont moins nettes ; on peut expliquer cela en pensant que les pâturages sous forêts et les agrandissements de clairières ne sont pas trop défavorables à l'extension du Chêne pédonculé. D'autre part, les zones humides à sols glaiseux n'ont certainement pas été les plus intensément cultivées.

Un coup d'œil sur la préhistoire régionale est nécessaire pour tenter d'assimiler les pointes de cultures aux diverses civilisations.

Pendant la période atlantique, la civilisation campignienne classique, de 5 000 à 3 500 ans avant J.C., n'a pas dépassé la Loire (NOUGIER). Les sites certifiés les plus proches se trouvent dans la région de Vendôme à une trentaine de kilomètres au N.W. de Blois. Les anciens travaux du préhistorien FLORANCE mentionnaient les sites de Pontlevoy et de Billy. Ce dernier nous intéresse particulièrement : le site archéologique du Theil à Billy est placé près de la Sauldre (fig. 6) et est relativement proche du point de sondage mais NOUGIER décèle des influences très complexes dans ce gisement : tardenoisienne, campignienne et lacustre ; NOUËL n'a pas retenu le gisement pour le Campignien ; il n'y a donc pas, aux yeux des préhistoriens, de sites authentifiés dans la région. Cependant, la diminution temporaire du rapport A.P./T. (235 à 250 cm) avec une pointe de Noisetier nette, les très faibles indications de cultures et la présence d'un pollen d'*Artemisia* (*A. plantaginea* dans le Bassin Parisien) font penser à l'établissement de clairières ou à une esquisse de défrichement. Ces indices doivent être signalés car il est probable que l'homme préhistorique a exercé son influence bien au-delà de son habitat et l'on s'aperçoit, en progressant, que les méthodes d'investigations palynologiques sont vraiment sensibles et fidèles à la réalité. Ainsi, les recherches polliniques effectuées en Bretagne par VAN ZEIST et par MORZADÉC-KERFOURN, confrontées aux travaux archéologiques de GIOT, permettent de reculer de plus en plus, la date des premiers défrichements dans cette région.

Pendant le Subboréal, le Sud du Blésois a été une région de civilisation chalcolithique qui s'est implantée, de 2 100 à 1 600 ans av. J.C. environ, à l'orée de la Sologne ; on peut citer, avec NOUEL, les dolmens de Chitenay, Pontlevoy, Billy, les menhirs de Vineuil, Huisseau-sur-Cosson, Thézée, Noyers, Selles-sur-Cher, les polissoirs de Fougères-sur-Bièvres, Pontlevoy, Thenay, Chissay, Monthou, les trouvailles de Choussy, Contres, Bracieux, Ouchamps, Pontlevoy, Sambin et, le long de la vallée de la Sauldre, plus proche : Billy, Pruniers, Romorantin, Salbris et Pierrefitte-sur-Sauldre. Cette longue énumération ne doit pas cacher le fait que la Sologne paraît tout de même avoir été peu occupée à cette époque. Si, sur le diagramme, la pointe numéro 2 des cultures correspond au Chalcolithique, la pointe subséquente du Chêne pédonculé traduit probablement la reforestation et montre bien la préférence des hommes de l'époque pour les habitats de vallée.

Dès le début du Subatlantique, la Sologne a été occupée beaucoup plus intensément et les trouvailles datant de la Tène et de la période romaine sont nombreuses ; par la suite, l'histoire renseigne sur la mise en valeur effectuée pendant le Moyen Age et sur la décadence de la période postérieure au 15^e siècle. L'accroissement de la courbe des cultures avec ses maximums n° 3, 4 et 5 traduit probablement ces deux millénaires de prospérité solognote. Les parties hachurées du diagramme montrent les reconquêtes de la forêt entre chaque phase de culture. Le Noisetier ne se développe pas intensément contrairement à ce qu'on peut constater sur des diagrammes de régions plus fertiles ; en Sologne, les déboisements provoquent la formation de landes plus ou moins irréversibles et l'arbre pionnier qui a le plus de chances de réussite est le Bouleau mais la diversité de son habitat gêne malheureusement l'interprétation.

Il est intéressant de remarquer que la courbe du Charme suit plutôt celle des cultures et non celle de la forêt. La grande aptitude du Charme à rejeter de souche favorise la formation de taillis lors des déboisements et ainsi l'Homme serait responsable de l'extension de cet arbre. Quant au Hêtre, son maximum ne se situe pas au début du Subatlantique comme c'est souvent le cas mais, au contraire, à la fin du Moyen Age, à l'époque d'abandon presque total des cultures. L'action humaine, dégradant d'autant plus puissamment la forêt que la possibilité de régénération est faible, aurait empêché le développement habituel du Hêtre au début du Subatlantique et nuï à sa conservation depuis quelques siècles.

IV — Datations, estimations de l'âge de la tourbe et des dépôts.

Plusieurs datations ont été effectuées au Laboratoire du radiocarbone de Saclay et de Gif-sur-Yvette. Le tableau suivant donne les résultats ; on voit que les dates sont toujours trop jeunes d'un ou de plusieurs millénaires par rapport aux estimations palynologiques ; cependant, elles montrent l'ancienneté de la tourbière qui n'était pas évidente au premier abord, à l'exception du Tardiglaciaire.

C'est seulement après une étude approfondie du diagramme que nous avons rejeté les datations au C 14. Pour expliquer le rajeunissement considérable des dates, nous avons pensé que la tourbière avait été occupée par des phases successives de roselières et de cariçaies ; aussi bien dans les périodes passées que dans la période sub-actuelle, des rhizomes de *Phragmites* ont dû constamment pénétrer les formations plus anciennes, et ceci, de façon fort irrégulière dans le temps comme dans l'espace. Ces rhizomes de *Phragmites* de plusieurs mètres se voient très bien sur les coupes et ils sont nombreux ; s'ils ont amené des distorsions dans les dates, ils n'ont, par contre, pas modifié la palynologie comme le montre la similitude des diagrammes (le premier diagramme d'étude n'est pas publié).

N° échantillon du laboratoire du radiocarbone	Dates fournies par le radiocarbone	Niveau de cor- rélation avec le présent diagramme	Date supposée d'après la palynologie	Ecart entre les dates
Sa 234, niveau 150 cm, datation faite en 1963.	1770 $\pm$ 150 ans = A. D. 180	185 cm	Chalcolithi- que 2100 à 1600 B. C.	1800 à 2300 ans
Sa 235, niveau 260 cm, datation faite en 1963.	4420 $\pm$ 250 ans = 2470 B. C.	Base vase noire, 290- 300 cm	Limite V-VI 7000 B. C.	4500 ans
Gif 836, niveau 262- 275 cm, datation faite en 1967.	7800 $\pm$ 190 ans = 5850 B. C.	id.	id.	1100 ans
Sa 236, niveau 320 cm, datation faite en 1963.	8240 $\pm$ 350 ans = 6290 B. C.	Base de la tourbe, 380 cm	Milieu Alleröd 9400 B. C.	3100 ans

L'estimation de la vitesse de croissance de la tourbe donne de meilleurs résultats. Nous rappelons d'abord les conclusions de l'étude approfondie de WALKER (1970) concernant les séries d'évolution marécageuses : (traduction) « ... Une fois qu'une série marécageuse a débuté par le stade des macrophytes à feuilles flottantes,

sa conversion en marais dure souvent moins de mille ans et rarement le double. La formation d'une tourbière, à partir de l'invasion de *Sphagnum* des stades aquatiques (incluant la roselière) peut être également rapide mais, si le marais s'installe dans l'intervalle, la formation peut durer entre 2 500 et 4 000 ans. Les dépôts sédimentaires et sédentaires se sont accumulés selon un taux modal de 20 à 60 cm par millénaire. La variation du taux entre les types de dépôts et entre les périodes du Postglaciaire est insignifiante. La compaction des dépôts non modifiés après leur formation est peu marquée ». Les estimations proposées pour Mur-de-Sologne ont été reportées sur le tableau. Les chiffres donnés entre parenthèses dans la colonne de droite sont très hypothétiques : la moindre erreur d'appréciation des limites des zones polliniques les fait varier considérablement ; par contre, les chiffres de vitesse d'accumulation de la tourbe se groupent bien ; si l'on adopte un chiffre moyen de croissance de 35 cm par millénaire, on peut calculer que l'échantillonnage effectué de 5 en 5 cm représente des intervalles de moins de 150 ans ; c'est une durée inférieure à la durée de vie de la plupart des grands arbres ; nous rappelons la durée de vie de quelques arbres (PARDÉ) : *Salix caprea* : 40 ans ; *Betula verrucosa* : 120 ans ; *Ulmus campestris* : plusieurs siècles ; *Quercus pedunculata* : plusieurs siècles, fructifie à partir de 60-80 ans. (*Tilia platyphyllos* : plusieurs siècles) ; *Fraxinus excelsior* : 120-150 ans ; *Fagus silvatica* : 150-200 ans, parfois plus ; *Carpinus Betulus* : 150 ans ; *Alnus glutinosa* : rarement plus de cent ans. L'examen des chiffres montre que l'échantillonnage fait tous les 5 cm a une valeur biologique certaine ; cependant, un échantillonnage plus serré aurait été préférable surtout pour le Boréal.

V — Conclusions.

Aussi loin qu'ait été menée la détermination spécifique des pollens, elle n'a pas fait apparaître de plantes vivant actuellement hors de France car, même l'élément froid de la flore tardiglaciaire se retrouve aujourd'hui dans nos montagnes : *Betula nana*, *Salix* cf. *arbuscula*, *Cryptogramma crispa* et *Pinus montana* ; on peut y ajouter les plantes suivantes qui ne sont pas tout à fait des orophytes mais qui peuvent pousser haut en montagne : *Pinus silvestris*, *Juniperus communis*, *Helianthemum canum*, *Ranunculus acer*, *Sanguisorba minor*. Les plantes circumpolaires turficoles qui poussent actuellement à Mur, telles que *Eriophorum angustifolium* et *Rhynchospora alba* peuvent être ou bien des reliques glaciaires ou bien des plantes réensemencées accidentellement par les oiseaux

Zone pollinique	Durée d'après Walker	Epaisseur de la tourbe à Mur	Epaisseur autre dépôt	Remarques	Vitesse d'accumulation en cm par 1000 ans
VIII	2000 ans	70 à 135 cm de profondeur = 65 cm (+ ou - 10 cm)		On a éliminé la partie supérieure de la tourbe pour le calcul. (+ ou - 10 cm = erreur possible de 5 cm de part et d'autre sur la limite des zones polliniques).	32 ± 5
VII b	2500 ans	135 à 215 cm = 80 ± 10 cm			32 ± 4
VII a	2400 ans	215 à 280 cm = 65 ± 10 cm			27 ± 4
Moyenne VIII + VII b + VII a	6900 ans	210 cm		(Si on inclut la partie supérieur de la tourbe : 280 cm en 7400 ans = 38 cm par millénaire).	$30 \pm 1,5$
VI	1600 ans	280 à 285 cm = 5 cm	285 à 295 cm = 10 cm	1) Si on estime la vitesse de croissance de la tourbe à 30 cm par 1000 ans, 5 cm tourbe = 150 ans environ; s'il n'y a pas de lacune, il s'est accumulé 10 cm de vase noire en 1450 ans.	Vase noire (7) (Lacune : 600 ans)
				2) Si la vitesse d'accumulation de la vase noire est calculée d'après les données de la zone V, 10 cm vase = 840 ans + 5 cm tourbe = 150 ans.	

Zone pollinique	Durée d'après Walker	Épaisseur de la tourbe à Mur	Épaisseur autre dépôt	Remarques	Vitesse d'accumulation en cm par 1000 ans
V	700 ans	300 à 310 cm = 10 cm	295 à 300 cm = 5 cm	Si on estime à 36 cm par 1000 ans la vitesse de croissance de la tourbe argileuse (voir ci-après), 10 cm tourbe = 280 ans, 5 cm = 420 ans.....	Vase noire (12)
IV	600 ans	310 à 335 cm = 25 ± 10 cm			41 ± 16
III	500 ans	335 à 350 cm = 15 ± 10 cm			30 ± 20
Moyenne III + IV	1100 ans	40 ± 10 cm			36 ± 9
II	1200 ans	350 à 380 cm = 30 cm	argile 380 à 410 cm = 30 cm	Si on estime à 36 cm par millénaire, la vitesse de croissance de la tourbe supérieure, 30 cm tourbe = 830 ans, 30 cm argile = 370 ans. (Date au C14 pour la fin de l'Alleröd: 11450 B. P., Elhai et Larsonneur).	Argile (80)
I			410 à 450 cm = 40 cm	Par calcul, le début des dépôts se situe à 500 ans environ avant le début de l'Alleröd, c'est-à-dire vers 10500 ans av. J. C. Les niveaux 445-450 cm pourraient représenter le Bölling.	

(CORILLION et PLANCHAIS). La flore tardiglaciaire contient aussi un fort contingent de plantes psammophiles : *Hippophaë rhamnoides*, *Ephedra distachya* (actuellement plutôt littorales), *Artemisia campestris*, *Armeria*, *Rumex acetosella*, (*Plantago media*), *Jasione*, *Calluna vulgaris*. Presque tous les éléments floristiques sont représentés au Tardiglaciaire : éléments boréal, subboréal, subatlantique, subméditerranéen et médioeuropéen enfin avec *Alnus glutinosa*, *Corylus Avellana*, *Quercus*, *Ulmus* (classification de WALTER et STRAKA).

L'apparition du Pin sylvestre, à la fin du Tardiglaciaire seulement, montre combien la forêt boréale a dû être morcelée pendant le Würm en France ; l'exemple de Mur illustre l'imbrication des différents éléments qui se trouvent répartis dans des domaines microclimatiques voisins dans l'espace. L'image de cette mosaïque très variée et la présence d'un Pin hybride dont la disjonction des caractères parentaux dans le pollen a montré l'origine (*P. montana* × *P. Laricio*), confirment, dans une certaine mesure, l'hypothèse du télescopage des zones de végétation dans l'Europe du S.W. au Würm ; cette hypothèse émise par VAN CAMPO (1969), se substitue à l'idée ancienne du déplacement du Nord vers le Sud des zones de végétation ; elle suppose, en particulier, que la région méditerranéenne n'a été occupée au Würm ni par une zone continue de forêt boréale, ni par une zone continue de forêt caducifoliée ; elle a conservé en partie son caractère méditerranéen en accusant une tendance très steppique ; si la zonation existait à cette époque, elle était altitudinale et stationnelle et non latitudinale. Quatre cent kilomètres, au moins, séparent la Sologne de la région méditerranéenne. A peu près la même distance la séparait de l'inlandsis würmien qui devait priver alors le Bassin Parisien de l'influence

Légende du diagramme global.

— Les pourcentages sont exprimés par rapport à la somme totale T des pollens des Phanérogames et des spores de Fougères. Les spores de Sphaignes et les pollens pouvant être attribués avec toute certitude à des plantes aquatiques sont exclus de T.

— Les courbes d'*Ulmus*, *Fraxinus*, *Tilia*, *Hedera*, *Ilex*, *Vitis* ont été dessinées à une grande échelle pour faciliter la lecture.

Pollens non figurés dans le diagramme : Niveau 20 cm : *Mercurialis* : 0,2 %, *Scrofularia* : 0,1 %, *Gentiana* : 0,1 % — Niveau 30 cm : *Castanea* : 0,15 %, *Centaurea jacea* : 0,3 %, *Cuscuta* : 0,3 % — Niveau 40 cm : *Polypodium* : 0,2 % — Niveau 60 cm : *Picea* : 0,25 %, *Scrofularia* : 0,25 % — Niveau 135 cm : *Hydrocotyle* : 0,16 %, *Cuscuta* : 0,16 % — Niveau 215 cm : *Polypodium* : + — Niveau 235 cm : *Scrofularia* : + — Niveau 250 cm : *Polypodium* : + — Niveau 280 cm : *Lycopodium* : + — Niveau 290 cm : *Polypodium* : 0,16.

— Les Renonculacées ont été exclues de T, bien qu'elles eussent dû en faire partie (voir texte). De toutes façons, le diagramme n'en est pas sensiblement affecté.

du Gulf Stream. Dans ces conditions, les plaines du centre de la France ont pu être un territoire de brassage des espèces qui a donné naissance à la « flore tardiglaciaire » dont la juxtaposition d'éléments divers a étonné les auteurs nordiques qui, les premiers, l'on décrite.

A l'Holocène, la contrainte imposée par les conditions édaphiques, réduit les possibilités d'implantation des différents arbres. Ces circonstances, limitant quelque peu le champ des hypothèses, ont permis de faire un choix de groupes à affinités écologiques. La végétation locale, dont la somme pollinique représente environ 70 % du total, offre la banalité de tous les petits bassins ; cependant, l'étude a cherché à dégager les variations de cette flore subhygrophile et a montré la relation de chaque changement avec l'extension brusque des colonisateurs amphibiotiques : Graminées, Cy-péracées et Saules. Dans l'histoire de la végétation forestière régionale, on a traité séparément les groupes abondamment, médiocrement ou peu représentés soit respectivement la Chênaie, le Hêtre et le Tilleul, l'Orme et le Frêne. Il semble bien que le pollen de *Quercus sessiliflora*, pour autant qu'on arrive à le déterminer, soit un bon témoin des vicissitudes forestières liées à la conquête de la strate arborée et aux modifications anthropiques.

En ce qui concerne les datations, à défaut de résultats convenables fournis par la méthode d'analyse du radiocarbène, l'application de la zonation pollinique anglaise a permis d'évaluer la vitesse de croissance de la tourbe et de calculer la date probable du début de la sédimentation, soit 12 500 ans avant le présent.

Résumé.

La flore du Tardiglaciaire est dominée par des espèces psammophiles et des espèces montagnardes. Dans le genre *Pinus*, on démontre la succession de deux espèces ; un hybride de *Pinus montana* et de *Pinus Laricio* persiste pendant le Dryas ancien ; *Pinus silvestris* n'apparaît qu'à la fin du Tardiglaciaire et se développe ensuite jusqu'au Boréal.

L'histoire holocène a été abordée en étudiant certains groupes à affinités écologiques et en dégagant leurs relations possibles avec *Quercus sessiliflora* et *Quercus pedunculata*.

La vitesse de croissance de la tourbe a été estimée à 35 cm. par millénaire et le début de la formation des dépôts à 10.500 ans avant J. C.

Summary.

Late-glacial and Holocene flora of Sologne has been investigated. It is an outstanding region in southern Parisian Basin with sandy and clayey grounds.

Sandloving plants and species now living in French mountains have been recorded during Late-glacial. Concerning genus *Pinus*, two species have been successively discriminated : an hybrid (*Pinus montana* $\times$ *P. laricio*) during Old Dryas and then *Pinus silvestris* increasing at the end of Late-glacial period.

Holocene vegetational history has been approached with an ecological perspective. Ecologically related species have been tentatively pooled and their possible relation with *Quercus sessiliflora* and *Quercus pedunculata* have been investigated.

Peat has accumulated at an estimated rate of 35 cm. per 1000 years. The beginning of sedimentation may be dated 12500 years old.

BIBLIOGRAPHIE.

- (1969). — Bibliographie commentée des travaux sur la flore et la végétation française au Quaternaire. Etudes françaises sur le Quaternaire. 8^e Congr. INQUA, Paris, suppl. *Bull. Ass. Fr. Et. Quaternaire*, p. 85-126, 11 pl. h.t.
- (1925, publié 1931). — Session extraordinaire en Sologne.
- (1935, publié 1936). — Session extraordinaire de la région parisienne. *Bull. Soc. bot. Fr.*
- (1937-1939). — Carte géologique au 1/80 000^e. Blois n° 108, sous la direction de G. DENIZOT.
- (1967). — Pflanzensoziologie und Palynologie. Internat. Symposium in Stelzenau/Weser 1962. W. Junk Verlag, Den Haag. Herausgegeben von R. TÜXEN, 274 p.
- (1970). — Studies in the vegetational history of the british Isles. Articles publiés sous la direction de D. WALKER et R. G. WEST, dédiés au Pr. H. GODWIN. Cambridge University Press, 266 p.
- ALETSEE, L. (1959). — Zur Geschichte der Moore und Wälder des nördlichen Holsteins. *Nova Acta Leopoldina*, 21, n° 139, p. 5-51.
- ALLORGE, P., GAUME, R. (1931). — Esquisse phytogéographique de la Sologne. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 72, Sess. extr. 1925, p. 5-59.
- BAILLOUD, G. (1964). — Le Néolithique dans le Bassin Parisien. Thèse. Suppl. à *Gallia-Préhistoire*, Paris, 394 p.
- BASTIN, B. (1969). — Premiers résultats de l'analyse pollinique des loess en Belgique. *Bull. Ass. fr. Et. Quaternaire*, 1, p. 3-11.
- BOILLOT, G. (1964). — Géologie de la Manche occidentale : fonds rocheux, dépôts quaternaires, sédiments actuels. Thèse, Fac. Sci., Paris, 219 p.
- BORDES, F. (1954). — Recherches sur les limons quaternaires du Bassin de la Seine. Thèse. Paris, 472 p.
- BOURNÉRIAS, M. (1968). — Guide des groupements végétaux de la région parisienne. Sedes Edit., Paris, 290 p.
- CHARPIN, J., AUBERT, Y., MALLÉA, M. (1966). — Recensement des pollens atmosphériques. *Pollen et Spores*, 8, n° 3, p. 421-437.
- CORILLION, R. (1967). — Carte de la végétation de la France. Vannes, n° 30. C.N.R.S. Edit., Paris.
- CORILLION, R., PLANCHAIS, N. (1963). — Recherches sur la végétation actuelle et passée d'une lande tourbeuse armoricaine : Malingue (Mayenne). *Pollen et Spores*, 5, n° 2, p. 373-386.
- COSTE, H. (1937). — Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. Librairie Sci. et Arts Edit., Paris, 3 vol., 416 p., 627 p., 807 p.

- COUTEAUX, M. (1969). — Recherches palynologiques en Gaume, au pays d'Arlon, en Ardenne méridionale (Luxembourg belge) et au Gutland (Grand-Duché de Luxembourg). Thèse. *Acta géogr. Lovanien-sia*, 8, 193 p.
- DAUBRÉE, L. (1912). — Statistique des forêts de France. Paris.
- DAVIS, R. B., BREWSTER, L. A., SUTHERLAND, J. (1969). — Variation in pollen spectra within lakes. *Pollen et Spores*, 11, n° 3, p. 557-571.
- DELIBRIAS, G., GUILLIER, M. T., LABEYRIE, J. (1965). — Saclay natural radiocarbon measurements II. *Radiocarbon*, 7, p. 241.
- DELIBRIAS, G., LARSONNEUR, C. (1966). — Datation absolue de dépôts organiques würmiens en Normandie. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, sér. D, 263, p. 1022-1024.
- DIXON, H. N. (1954). — The student's handbook of british mosses. Eastbourne, Sumfield and Day Ltd, London, 582 p.
- DOMBROVSKAIA, A. V., KORENINA, N. M., TJUREMNOV, S. N. (1959). — Atlas des restes végétaux trouvés dans la tourbe, Institut de la tourbe de Kalin, Edit. Energie Soviétique, Moscou-Léninegrad, 90 p., 137 pl. h.t.
- DUBOIS, G., DUBOIS, C. (1937). — Etude paléobotanique de tourbières de la région parisienne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5^e Sér., 7, p. 567-586.
- DUCHAUFOR, Ph. (1948). — Recherches écologiques sur la Chênaie atlantique française. Thèse. G. Thomas Impr., Nancy, 332 p.
- DUCHAUFOR, Ph. (1965). — Précis de pédologie. Masson Edit., Paris, 481 p.
- DUPUIS, J., BECK, R. (1961). — Observations pédologiques et études palynologiques sur un gisement tardénoisien du Hurepoix. *Bull. Soc. préhist. fr.*, 58, n° 5-6, p. 314-323.
- ELHAI, H. (1959). — Analyse pollinique de deux tourbières normandes. *Pollen et Spores*, 1, n° 1, p. 59-76.
- ELHAI, H. (1962). — Analyse pollinique d'un dépôt organique intercalé dans le head d'Ecalgrain. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 10^e Sér., 3, p. 93-95.
- ELHAI, H., LARSONNEUR, C. (1969). — Dépôts tardiglaciaires et post-glaciaires sur la côte du Calvados. *Bull. Ass. fr. Et. Quaternaire*, 6, n° 19, p. 93-104.
- ERDTMAN, G., PRAGLOWSKI, J., NILSSON, S. (1963). — An introduction to a scandinavian pollen flora. Trees and Shrubs. Almqvist et Wiksell Edit., Stockholm, 89 p., *Quercus*, pl. 18-19, pl. 51, fig. 3.
- FIRBAS, F. (1949). — Waldgeschichte Mitteleuropas. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1, 480 p.
- GACHON, L. (1963). — Contribution à l'étude du Quaternaire récent de la Grande Limagne marno-calcaire : morphogénèse et pédogénèse. Thèse. *Ann. Agron. Fr.*, 14, n° h.s., 1, 191 p.
- GAUME, R. (1936). — Rapport sur l'excursion faite par la Société botanique de France en forêt de Fontainebleau le 14 juin 1935. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 83, n° 3, p. 131-144.
- GAUSSEN, H. (1960). — Les gymnospermes actuelles et fossiles. Généralités. Genre *Pinus*. *Trav. Lab. forest. Toulouse*, 6, 272 p.
- GEHU, J. M., PLANCHAIS, N. (1965). — Evolution de la végétation de quelques landes littorales bretonnes d'après l'analyse pollinique des sols. *Pollen et Spores*, 7, n° 2, p. 339-360.
- GODRON, M. et Collab. (1964). — Notice détaillée. Carte phyto-écologique et carte de l'occupation des terres de Sologne. C.N.R.S. Edit., 192 p., cartes.
- GODWIN, H. (1956). — History of the british flora. A factual basis for phytogeography. Cambridge University Press, 384 p.
- GODWIN, H. (1960). — Radiocarbon dating and Quaternary history in Britain — the croonian lecture. *Proc. roy. Soc.*, B, 153, p. 287-320.
- GUILLET, B. (1970). — Etude palynologique des podzols. I. La podzolisation sur alluvions anciennes en Lorraine. *Pollen et Spores*, 12, n° 1, p. 45-69.

- GUINIER, Ph. (1950). — Qu'est-ce que le Chêne ? *Bull. Soc. forest. Franche-Comté et Provinces de l'Est*, 25, p. 553-589.
- HAMMEN, Th. van der (1951). — Late-glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands. *Leidse Geol. Meded.*, Leiden, 17, p. 71-183.
- HAMMEN, Th. van der (1957). — The age of the Usselo culture. *Geol. en Mijnbouw (N. S.)*, 19, p. 396-397.
- HEIM, J. (1967). — Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale. Thèse. Université de Louvain (sous presse).
- HOREMANS, P. (1961). — Contribution à l'étude pédologique des terrasses alluviales de la Loire moyenne. Thèse, Paris, 164 p.
- IVERSEN, J. (1946). — Datation géologique de la station tardiglaciaire de Bromme. *Danmarks geol. Unders.*, 2, p. 198-231 (en danois, résumé en français).
- IVERSEN, J. (1954). — The Late-glacial flora of Denmark and its relation to climate and soil. *Danmarks geol. Unders.*, 2, p. 87-119.
- IVERSEN, J. (1960). — Problems of the early Post-glacial forest development in Denmark. *Danmarks geol. Unders.*, 4, n° 3, p. 6-32.
- JALUT, G. (1967). — Analyse pollinique de la tourbière de l'Archet. *Pollen et Spores*, 9, n° 2, p. 305-319.
- JOVET, P. (1949). — Le Valois. Phytosociologie et phytogéographie. Sedes Edit., Paris, Thèse, 389 p.
- LANG, G. (1963). — Chronologische Probleme des späteiszeitlichen Vegetationsentwicklung in Südwestdeutschland und im französischen Zentralmassiv. *Pollen et Spores*, 5, n° 1, p. 129-142.
- LANG, G., TRAUTMANN, W. (1961). — Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Auvergne (französisches Zentralmassiv). *Flora*, 150, p. 11-42.
- LAUTRIDOU, J. P., DUPEUPLE, P. A. (1967). — Les formations würmiennes de la pointe de Tancarville. *Bull. Ass. Fr. Et. Quaternaire*, 4, n° 11, p. 127.
- LEMÉE, G. (1937). — Recherches écologiques sur la végétation du Perche. Thèse, Paris, 389 p.
- LEMÉE, G. (1939). — Recherches sur l'histoire forestière post-glaciaire de la Basse-Normandie et du Perche. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 9° Sér., 1, p. 97-145.
- LEMÉE, G. (1956). — Sur l'évolution de la végétation dans le massif du Cantal au Tardiglaciaire et au Postglaciaire. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 103, 82° Sess. extr., p. 83-94.
- LEMÉE, G. (1966). — Sur l'intérêt écologique des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 113, n° 5-6, p. 305-323.
- LEROI-GOURHAN, A. (1965). — Chronologie des grottes d'Arcy-sur-Cure (Yonne). I. Climats du Quaternaire récent. *Gallia-Préhistoire*, 7, p. 1-35.
- LEROI-GOURHAN, A. (1967). — Le Badegoulien de l'Abri Fritsch aux Roches de Pouligny-saint-Pierre (Indre). *Bull. Soc. préhist. fr.*, 64, n° 1, p. 95-99, 1 fig.
- LONA, F. (1970). — Evidence of a « Hiatus borealis » in olocenic deposits of northern Italy. *Mitteilungen ; Réunion internat. Et. Végétation*, Wien, n° 1012, p. 53-54.
- MOORE, J. J. (1967). — Zur Pflanzensoziologischen Bewertung irischer nacheiszeitlicher Pollendiagramme. *Pflanzensoziologie und Palynologie (Réf. ci-dessus)*, p. 96-105.
- MORZADEC-KERFOURN, M. Th. (1969). — Variations de la ligne de rivage au cours du Post-glaciaire le long de la côte nord du Finistère. Analyses polliniques de tourbes et de dépôts organiques littoraux. *Bull. Ass. fr. Et. Quaternaire*, 6, n° 21, p. 285-318.
- MULLENDERS, W. (1960). — Contribution à l'étude palynologique des tourbières de la Bar (département des Ardennes). *Pollen et Spores*, 2, n° 1, p. 43-55.

- MUNAUT, A. V., DURIN, L., EVARD, J. C. (1968). — Recherches paléoécologiques et pédologiques en forêt d'Andigny (Aisne-France). *Bull. Soc. bot. Nord Fr.*, Lille, 21, n° 3, p. 105-133.
- NOUEL, A. (1961). — La civilisation néolithique (Beauce, Loire moyenne, Gâtinais) Houzé Edit., Orléans, 64 p.
- NOUEL, A. (1964). — A la recherche des civilisations disparues (Beauce, Sologne, Val de Loire, Gâtinais). Masselot Edit., Orléans, 56 p.
- NOUGIER, L. R. (1950). — Les civilisations campigniennes en Europe occidentale. Thèse. Impr. Ch. Monnoyer, Le Mans, 571 p.
- OLDFIELD, F. (1964). — Late-Quaternary deposits at Le Moura, Biarritz, South-West France. *New Phytologist*, 63, p. 374-409.
- PARDÉ, L. (1943). — Les Feuillus. La maison rustique Edit., Paris, 380 p.
- PARDÉ, L. (1946). — Les Conifères. La maison rustique Edit., Paris, 294 p.
- PLAISANCE, G. (1961). — Guide des forêts de France. Nef de Paris Edit., Paris, 400 p.
- PLANCHAIS, N. (1966). — Analyses polliniques en forêt de Prémery (Nièvre). *Bull. Ass. fr. Et. Quaternaire*, 3, n° 8, p. 180-190.
- PLANCHAIS, N. (1967). — Palynologie du Lac de Grand Lieu. *C. R. Soc. Biogéogr.*, 387, p. 81-90.
- PLANCHAIS, N. (1969). — La végétation dans les plaines françaises pendant le Tardiglaciaire et le Post-glaciaire. 8° Congr. INQUA, Paris (Réf. ci-dessus), p. 111-115.
- PLANCHAIS, N., CORILLION, R. (1968). — Recherches sur l'évolution récente de la flore et de la végétation de Belle-Ile-en-Mer (Morbihan) d'après l'analyse pollinique de la tourbière submergée de Ster-Vras. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 115, p. 441-458.
- ROUX, I. (1967). — Videlles (Essonne). *Bull. Soc. préhist. fr.*, 64, n° 2, p. 425-438.
- SCHWARZBACH, M. (1963). — *Climates of the Past*. D. van Nostrand Cie Ltd Edit., London, 328 p.
- SEGRET, L. (1925). — Catalogue raisonné des plantes vasculaires de Sologne. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 72, Sess. extr., p. 59-122.
- SMITH, A. G. (1965). — Problems of inertia and threshold related to post-glacial habitat changes. *Proc. roy. Soc.*, B, 161, p. 331-342.
- TALLIS, J. H. (1962). — The identification of *Sphagnum* spores. *Trans. brit. Bryol. Soc.*, 4, n° 2, p. 209-213.
- TAUBER, H. (1965). — Differential pollen dispersion and the interpretation of pollen diagrams. *Danmarks geol. Unders.*, 2, n° 89, p. 7-69.
- TRICART, J., CAILLEUX, A. (1967). — Le modèle des régions périglaciaires. *Traité de Géomorphologie*. Tome 2. Sedes Edit., Paris, 512 p.
- TROELS-SMITH, J. (1960). — Ivy Mistletoe and Elm, climate indicators-fodder plants. *Danmarks geol. Unders.*, 4, n° 4, 32 p.
- VAN CAMPO, M. (1951). — Recherches sur la phylogénie des Abiétinées d'après leurs grains de pollen. Thèse. *Trav. Lab. forest. Toulouse*, 2, 1^{re} sect., 4, 181 p.
- VAN CAMPO, M. (1969). — Végétation würmienne en France. Données bibliographiques. Hypothèse. 8° Congr. INQUA, Paris (Réf. ci-dessus), p. 104-111.
- VAN CAMPO, M., ELHAI, H. (1956). — Etude comparative des pollens de quelques espèces de Chênes. Application à une tourbière normande. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 103, n° 5-6, p. 254-260.
- VAN ZEIST, W. (1964). — A paleobotanical study of some bogs in Western Brittany (Finistère) France. *Palaeohistoria*, 10, p. 157-180.
- VASARI, Y., VASARI, A. (1968). — Late- and Post-glacial macrophytic vegetation in the lochs of Northern Scotland. *Acta Bot. Fennica*, 80, 120 p.
- WALKER, D. (1970). — Direction and rate in some british Post-glacial hydroseres. *Studies in the vegetational history of the British Isles*. Cambridge University Press, p. 117-139.
- WALTER, H., STRAKA, H. (1970). — *Arealkunde. Floristisch-historische Geobotanik*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 478 p.

- WEST, R. G. (1964). — Inter-relations of ecology and Quaternary Palaeobotany. *J. Ecol.*, suppl., 52, p. 47-57.
- ZAGWIJN, W. H. (1960). — Palaeobotanical recording of climatic change in the Quaternary of Europe. *Internat. J. Bioclimatology Biometeorology*, 4, part 6, Sect. A, p. 1-14.
-

AVIS AUX COLLABORATEURS

Les travaux destinés à la revue « POLLEN et SPORES » sont reçus par M^{me} M. VAN CAMPO, Laboratoire de Palynologie, Faculté des Sciences, Place Eugène Bataillon, Montpellier (France).

Les manuscrits doivent être remis en deux exemplaires. Ils seront obligatoirement dactylographiés avec double interligne au recto des feuillets seulement. Les dessins accompagnant les articles doivent être définitifs, exécutés de manière à pouvoir être reproduits directement par les procédés usuels. Il est désirable qu'ils soient exécutés ou groupés de façon à occuper, après réduction, la largeur de la justification du texte. Les photographies doivent être suffisamment contrastées.

Les auteurs recevront gratuitement 50 exemplaires des pages contenant leurs articles, sous couverture. Ils pourront cependant recevoir des tirés à part réimposés, mais sur demande expresse de leur part et à titre onéreux. Ils s'engagent à ne pas mettre leurs tirés à part dans le commerce.

BIBLIOGRAPHIE.

Les auteurs qui enverront l'ensemble de leurs tirés à part à la revue Pollen et Spores recevront le supplément bibliographique à la revue, s'ils en font la demande par lettre.

Les envois doivent nécessairement être faits à l'adresse suivante : Laboratoire de Palynologie, Faculté des Sciences, Place Eugène Bataillon, 34 - Montpellier.

ABONNEMENTS.

Les prix d'abonnement à la revue *Pollen et Spores*, ont été fixés comme suit, France : 85 F, Etranger : 18 \$ U.S.A., ou 95 F.

Le montant des abonnements doit être adressé à M^{me} M. Van CAMPO, Muséum National d'Histoire Naturelle, 61, rue de Buffon, Paris V°, soit par Bons U.N.E.S.C.O., soit par chèques bancaires, soit à son compte chèque postal 1340502 Paris.

TIRAGES A PART

Les auteurs qui désirent un certain nombre de tirés à part en plus des 50 exemplaires offerts par POLLEN et SPORES sont priés de s'entendre directement avec l'Imprimerie M. DECLUME, Lons-le-Saunier, (Jura) France.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
ROWLEY, J. R. et DUNBAR, A. : Transfer of colloidal iron from sporophyte to gametophyte	305
HUYNH, K.-L. : Le pollen du genre <i>Anemone</i> et du genre <i>Hepatica</i> (Ranunculaceae) et leur taxonomie	329
BASSETT, I. J. et CROMPTON, C. W. : Pollen morphology of the family Caprifoliaceae in Canada	365
PLANCHAIS, N. : Tardiglaciaire et postglaciaire à Mur-de-Sologne (Loir-et-Cher)	381
SCHULER, M. et DOUBINGER, J. : Observations palynologiques dans le bassin d'Amaga (Colombie)	429
ZIMMERMAN, R. P. et TAYLOR, T. N. : The ultrastructure of paleozoic megaspores membranes	451
YBERT, J. P. et MARQUES, M. : <i>Polarisaccites</i> nov. gen.	469
